



TUGAS AKHIR – RC14-1501

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON BEKASI DENGAN METODE PRACETAK

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
NRP.03111545000036

Dosen Pembimbing I
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR–RC14-1501

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG GRAND KAMALA
LAGOON BEKASI DENGAN METODE PRACETAK

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
NRP. 03111545000036

Dosen Pembimbing I
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



FINAL PROJECT–RC14-1501

MODIFICATION OF BUILDING GRANG KAMALA LAGOON IN
BEKASI USING PRECAST CONCRETE

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
NRP 03111545000036

Advisor I:
Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Enviromental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON BEKASI DENGAN METODE PRACETAK

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR

NRP. 03111545000036

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing I)



**SURABAYA
OKTOBER, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

MODIFIKASI GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON BEKASI DENGAN MENGGUNAKAN METODE BETON PRACETAK

Nama : Muhammad Aulia Tri Munandar
NRP : 03111545000036
Jurusan : Departemen Teknik Sipil
Dosen Pembimbing I : Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Metode beton pracetak merupakan metode yang digunakan dalam perancangan bangunan disamping metode konvensional dengan cara cor ditempat. Seiring dengan perkembangannya, metode beton pracetak kini semakin banyak diaplikasikan dalam pembangunan bangunan seperti pada gedung, jembatan, maupun konstruksi lainnya. Penggunaan metode beton pracetak didasari pada beberapa keunggulan yang dimilikinya dibandingkan metode konvensional (cor ditempat). Dalam pelaksanaannya metode beton pracetak memiliki keunggulan dalam kecepatan pengerjaan dan kontrol kualitas beton itu sendiri.

Struktur gedung apartemen Grand Kamala Lagoon pada kondisi sebenarnya memakai metode cor setempat dan memiliki tinggi 45 lantai serta basement 2 lantai akan dimodifikasi menjadi 15 lantai serta 1 lantai basement. Gedung apartemen Grand Kamala Lagoon ini akan dirancang menggunakan metode pracetak pada elemen balok, pelat dan kolom. Sedangkan pada elemen tangga dan pondasi direncanakan menggunakan metode cor ditempat (cast in situ). Jumlah jenis tipe dari elemen struktur yang berbeda sedapat mungkin dibuat seminimal mungkin. Hal ini karena elemen pracetak akan sangat ekonomis bila digunakan pada bangunan yang memiliki tipe tipikal. Pondasi gedung ini akan dirancang menggunakan pondasi tiang pancang. Gedung ini juga akan dirancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

dengan dinding geser. Dengan demikian, beban gravitasi dan lateral 25% dipikul oleh rangka serta 75% dipikul oleh dinding geser.

Hasil dari perencanaan ulang gedung GKL ini meliputi ukuran balok induk 50/70, ukuran balok anak 30/40, dan ukuran kolom 100 x 100 cm. Perancangan gedung ini juga menggunakan *shear wall* yang juga difungsikan sebagai dinding lift. Sambungan antar elemen pracetak menggunakan sambungan basah dan konsol pendek.

Kata Kunci: Pracetak, Precast, SRPMK, Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus, Shear wall, tipikal.

MODIFICATION OF BUILDING DESIGN GRAND KAMALA LAGOON IN BEKASI USING PRECAST CONCRETE

Name of Student : Muhammad Aulia Tri Munandar
NRP : 03111545000036
Department : Civil Engineering Department
Supervisor I : Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

Precast concrete method is a method used in building design in addition to conventional methods by cast in situ. Along with the development, precast concrete method is now more widely applied in the construction of buildings such as buildings, bridges, and other construction. The use of precast concrete method is based on some of its superiority compared to conventional method (cast in situ). In the implementation the precast concrete method has an advantage in the speed of progressing and the quality control of the concrete itself.

The actual structure of Grand Kamala Lagoon Jakarta apartment building uses local cast method which consists of 120 stories and 2 basements that will be modified to 15 stories building and 1 basement. The Grand Kamala Lagoon Bekasi apartment building will be designed using precast method on beam, column, and plate elements. While on ladder and foundation is planned using cast in situ method. The types of different structural elements should be minimized as much as possible. This is because the precast element will be very economical to be used in buildings that have a typical type. The foundation of this building will be designed using pile foundation. The building will also be designed using a Special Moment Resisting Frame System with sliding wall. Thus, 25% gravity and lateral loads are resisted by the frame and 75% are carried by the sliding wall.

The results of this redesign of Grand Kamala Lagoon are the dimension of main beam 50/70, sub beam 30/40, and column 100 x 100 cm. The design of this building also uses shear wall which also functioned as elevator wall. The connection between precast elements uses wet connection and short console.

Keywords: Precast, SRPMK, Special Moment Resisting Frame System, Shear wall, Typical.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan ridho-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Modifikasi Gedung Grand Kamala Lagoon di Bekasi dengan Menggunakan Metode Beton Pracetak”.

Dalam pembuatan proposal tugas akhir ini, penulis banyak mendapatkan saran, motivasi, bimbingan serta wawasan dari berbagai pihak yang sangat berharga. Oleh karena itu, dengan segala hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Budi Suswanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan laporan ini.
2. Seluruh Dosen Pengajar dan Karyawan Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS yang telah memberi pendidikan selama masuk dunia perkuliahan S1 Teknik Sipil.
3. Serta semua pihak yang selalu memberi dukungan untuk penulis selama perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini, semoga jasa dan bantuannya dibalas pula kebaikan oleh Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan sehingga belum mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak dalam perbaikan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan bagi para pembaca.

Surabaya, 31 Oktober 2017

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
Abstrak	iii
Abstract	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.2.1 Umum.....	2
1.2.2 Khusus.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.3.1 Umum.....	3
1.3.2 Khusus	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum.....	7
2.2 Beton Pracetak.....	7
2.3 Tinjauan Elemen Pracetak.....	8
2.3.1 Pelat.....	8
2.3.2 Balok	10
2.3.3 Kolom.....	10
2.4 Perencanaan Sambungan.....	11
2.4.1 Sambungan dengan Cor Setempat.....	12
2.4.2 Sambungan Las	13
2.4.3 Sambungan Baut.....	14

2.5 Titik-Titik Angkat dan Sokongan	14
2.5.1 Pengangkatan Pelat Pracetak	14
2.5.2 Pengangkatan Balok Pracetak.....	16
2.6 Struktur Basement	18
2.6.1 Metode Konstruksi Basement.....	19
2.7 Tinjauan Elemen Pracetak	19
2.7.1 Fase-Fase Penanganan Produk Pracetak.....	19
2.8 Konsep Bangunan Tahan Gempa	20
2.9 Konsep Desain Kapasitas	21
2.10 Sistem Ganda (Dual System).....	22
2.11 Dinding Geser (Shearwall)	23
2.12 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)	24
BAB III METODOLOGI	25
3.1. Studi Literatur dan Data Perencanaan	26
3.1.1. Literatur Terkait Perencanaan Gedung	26
3.1.2 Pengumpulan Data Perancangan Gedung.....	26
3.1.3. Data-Data Perencanaan.....	26
3.2. Preliminary Design	27
3.2.1. Pengaturan Denah.....	27
3.2.2. Penentuan Dimensi Elemen Struktur.....	27
3.3.1. Perencanaan Balok Anak.....	29
3.3.2. Perencanaan Tangga	29
3.3.3. Perencanaan Struktur Atap	29
3.3.4. Perencanaan Lift.....	29
3.4. Pembebanan Struktur.....	30
3.4.1 Beban Gempa	31
3.4.2 Beban Angin (<i>Wind Load</i> /WL)	35
3.5. Permodelan Struktur Utama	36
3.6. Analisis Struktur	37
3.6.1. Perhitungan Gaya Dalam.....	37

3.6.2. Kontrol Persyaratan	37
3.7. Perencanaan Penulangan Struktur	38
3.7.1. Perencanaan Tulangan Balok	38
3.7.2. Perencanaan Tulangan Kolom.....	41
3.7.3. Perhitungan Tulangan Pelat.....	41
3.8. Perencanaan Sambungan	43
3.8.1. Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom	43
3.8.2. Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak...	43
3.8.3 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak.....	44
3.8.4 Detail Penulangan Sambungan	45
3.9. Perencanaan <i>Basement</i> dan Pondasi	48
3.9.1. Daya Dukung Tiang Vertikal	49
3.9.2. Daya Dukung Tiang Horizontal	49
3.9.3. Kebutuhan Tiang Pancang.....	50
3.9.4. Perencanaan Terhadap Geser	51
3.10. Penggambaran Hasil Perhitungan.....	51
BAB IV PEMBAHASAN	52
4.1 Preliminary Desain Umum	52
4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok.....	52
4.1.2 Perencanaan Tebal Pelat.....	54
4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom	55
4.2 Perencanaan Struktur Sekunder.....	60
4.2.1 Data Perencanaan Pelat	60
4.2.2 Perencanaan Balok Anak Pracetak.....	74
4.2.3 Perencanaan Tangga.....	85
4.2.4 Perencanaan Balok Lift	96
4.3 Pemodelan Struktur	100
4.3.1 Perhitungan Berat Struktur	102
4.3.2 Analisis Beban Seismik.....	103

4.3.3.Kontrol Desain.....	105
4.4 Perencanaan Struktur Primer	111
4.4 1 Umum	111
4.4 2 Perencanaan Balok Induk	111
4.4 3 Data Perencanaan	112
4.4.4 Perencanaan Kolom.....	129
4.4 5 Perencanaan Dinding Geser.....	138
4.4.6 Perencanaan Basement	144
4.5 Perencanaan Sambungan	148
4.5 1 Umum	148
4.5 2 Konsep Desain Sambungan	149
4.5.3 Penggunaan Topping Beton.....	152
4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom.....	153
4.5.5 Perencanaan Sambungan Pelat dan Balok.....	165
4.6 Perencanaan Pondasi	166
4.6.1 Umum	166
4.6.2 Data Tanah.....	166
4.6.3 Spesifikasi Tiang Pancang.....	166
4.6.4 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang	167
4.6.5 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Kolom	172
4.7 Metode Pelaksanaan	178
4.7.1 Umum	178
4.7.2 Metode Pelaksanaan Basement.....	183
4.7.3 Pekerjaan <i>Dewatering</i>	185
BAB V PENUTUP	188
5.1 Kesimpulan.....	188
5.2 Saran.....	189

DAFTAR PUSTAKA..... 190

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Denah Eksisting	5
Gambar 2. 1 <i>Pelat Pracetak berlubang (Hollow Core Slab)</i>	9
Gambar 2. 2 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (<i>Solid Slab</i>) (Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)	9
Gambar 2.3 Pelat pracetak (a) <i>Single Tee</i> dan (b) <i>Double Tees</i> (Sumber: PCI Design Handbook 6 th Edition)	9
Gambar 2. 4 Balok berpenampang persegi (<i>Rectangular Beam</i>).....	10
Gambar 2. 5 Balok berpenampang L (<i>L-Shaped Beam</i>).....	10
Gambar 2. 6 Balok T terbalik (<i>Inverted Tee Beam</i>).....	10
Gambar 2. 7 Sambungan dengan cor setempat.....	13
Gambar 2. 8 Sambungan dengan las dan baut	13
Gambar 2. 9 Sambungan dengan menggunakan <i>Presstressed</i>	14
Gambar 2. 10 <i>Posisi titik angkat pelat (8 buah titik angkat)</i>	16
Gambar 2. 11 Pengangkatan balok pracetak	16
Gambar 2. 12 Model pembebanan balok pracetak saat pengangkatan	17
Gambar 2. 13 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok.....	17
Gambar 2. 14 Tekanan tanah yang terjadi di basement.....	18
Gambar 2. 15 Metode <i>Buttom Up</i>	19
Gambar 2. 16 Macam-macam mekanisme keruntuhan pada portal....	22
Gambar 2. 17 Sistem Ganda (Dual System) Sumber : Purwono, 2005	23
Gambar 2. 18 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM).....	24
 Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	25
Gambar 3. 2 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum	35
Gambar 3. 3 Ilustrasi kuat momen yang bertemu di hubungan balok kolom.....	41
Gambar 3. 4 Diagram alir p	
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir	25
Gambar 3. 2 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum	35
Gambar 3. 3 Ilustrasi kuat momen yang bertemu di hubungan balok kolom.....	41

Gambar 3. 4 Diagram alir perhitungan penulangan komponen lentur	42
Gambar 3. 5 Sambungan Balok dan Kolom	43
Gambar 3. 6 Sambungan Antara Balok dengan Pelat	44
Gambar 3. 7 Sambungan balok induk dengan balok anak	45
Gambar 3. 8 Detail kaitan untuk penyaluran kait standar.....	47
Gambar 3. 9 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang	50
erhitungan penulangan komponen lentur	42
Gambar 3. 5 Sambungan Balok dan Kolom.....	43
Gambar 3. 6 Sambungan Antara Balok dengan Pelat	44
Gambar 3. 7 Sambungan balok induk dengan balok anak	45
Gambar 3. 8 Detail kaitan untuk penyaluran kait standar.....	47
Gambar 3. 9 Tabel 3. 5 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang.....	50
 Gambar 4. 1 Denah Balok Induk dan Balok Anak	53
Gambar 4. 2 Tipe Pelat HS 460 × 153 cm.....	63
Gambar 4. 3 Diagram Gaya Geser Horizontal Penampang Komposit	73
Gambar 4. 4(a) Dimensi Balok Anak Sebelum Komposit, (b) Dimensi Balok Anak Saat Pengecoran dan Balok Anak Sesudah Komposit ...	75
Gambar 4. 5 Momen Saat Pengangkatan Balok Anak	82
Gambar 4. 6 Letak Titik Pengangkatan	83
Gambar 4. 7 Tampak samping Tangga lantai 1	86
Gambar 4. 8 Denah tangga lantai 1	86
Gambar 4. 9 Pemodelan Tangga	88
Gambar 4. 10 Bidang M pada tangga	89
Gambar 4. 11 Penulangan Tangga.....	92
Gambar 4. 12 Denah lift	96
Gambar 4. 13 Denah balok lift pada shearwall	97
Gambar 4. 14 Ilustrasi pembebanan balok lift.....	98
Gambar 4. 15 Denah Struktur Apartemen GRAND KAMALA LAGOON BEKASI.....	101
Gambar 4. 16 Pemodelan 3D Struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon.....	102
Gambar 4. 17 Pembebanan Balok Induk Sebelum Komposit	114
Gambar 4. 18 Denah Pembalokan	117
Gambar 4. 19 Gaya Geser Balok.....	122
Gambar 4. 20 Momen Saat Pengangkatan Balok Induk.....	126
Gambar 4. 21 Letak Titik Pengangkatan	127

Gambar 4. 22 Potongan Rangka Struktur.....	130
Gambar 4. 23 Diagram Interaksi Aksial dan Momen pada Kolom ..	131
Gambar 4. 24 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di HBK	133
Gambar 4. 25 Denah penempatan <i>shearwall</i>	138
Gambar 4. 26 Diagram tegangan yang terjadi pada dinding <i>basement</i>	144
Gambar 4. 27 Panjang Tumpuan pada Tumpuan	149
Gambar 4. 28 Mekanisme Pemindahan Beban.....	150
Gambar 4. 29 Model keruntuhan.....	151
Gambar 4. 30 Model Sambungan Balok pada Konsol Kolom	152
Gambar 4. 31 Geometrik Konsol Pendek.....	154
Gambar 4. 32 Panjang Penyaluran Kait Standar Balok Induk.....	160
Gambar 4. 33 Grafik Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal.....	171
Gambar 4. 34 Pemodelan Pilecap Pada ETABS	174
Gambar 4. 35 Diagram Momen Max Pada Poer Menggunakan Program Bantu ETABS	175
Gambar 4. 36 Momen Max Positif yang Terjadi Pada Poer Menggunakan Program Bantu ETABS	175
Gambar 4. 37 Momen Max Negatif yang Terjadi Pada Poer Menggunakan Program Bantu ETABS	176
Gambar 4. 38 Mekanika Beban Poer.....	177
Gambar 4. 39 Pemasangan Bekisting untuk Pembuatan Kolom	179
Gambar 4. 40 Pemasangan Balok Induk Pracetak.....	180
Gambar 4. 41 Pemasangan Balok Anak Pracetak	181
Gambar 4. 42 Pemasangan Tulangan Atas	181
Gambar 4. 43 Pengecoran <i>Topping</i>	182
Gambar 4. 44 Pelaksanaan Basement dengan Metode Konvensional	184
Gambar 4. 45 Potongan Metode Cut Off.....	186

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan Metode Penyambungan.....	12
Tabel 2. 2 Angka pengali beban statis ekuivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis.	18
Tabel 3. 1 Beban mati pada struktur.....	30
Tabel 3. 2 Beban hidup pada struktur.....	31
Tabel 3. 3 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik.....	46
Tabel 3. 4 Faktor pengali penyaluran tulangan berkait dalam Tarik..	47
Gambar 3. 9 Tabel 3. 5Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang.....	50
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk.....	54
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak	54
Tabel 4. 3 Beban Mati pada Lantai 11 – 15	56
Tabel 4. 4 Beban Hidup pada Lantai 11 – 15	56
Tabel 4. 5 Beban Mati pada Lantai 6 – 10	57
Tabel 4. 6 Beban Hidup pada Lantai 6 – 10	57
Tabel 4. 7 Beban Mati pada Lantai 1 – 3	58
Tabel 4. 8 Beban Hidup pada Lantai 1 – 3	58
Tabel 4. 9 Beban Mati pada Lantai basement – 1	59
Tabel 4. 10 Beban Hidup pada Lantai Basement – 1	59
Tabel 4. 11 Tulangan Terpasang pada Pelat.....	72
Tabel 4. 12Pembebanan pada pelat tangga.....	87
Tabel 4. 13 Tabel penulangan pelat tangga	93
Tabel 4. 14 Pembebanan bordes	93
Tabel 4. 15 Rasio Partisipasi Massa Apartemen Grand Kamala Lagoon.....	105
Tabel 4. 16 Perioda dan Frekuensi Struktur	107
Tabel 4. 17 Gaya Geser Dasar akibat Beban Gempa	108
Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan Arah X dan Arah Y Terbesar	109
Tabel 4. 19 Kontrol Sistem Ganda	110
Tabel 4. 20 <i>Output</i> gaya Dalam Dinding Geser (ETABS 2015)	139
Tabel 4. 21 Reaksi Terbesar Pada Tiap Joint	167
Tabel 4. 22 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal	170
Tabel 4. 23 Kapasitas Angkat dan Radius <i>Tower Crane</i>	179

“Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangan ilmu teknologi sejauh ini, beton adalah bahan yang masih digunakan dalam teknik sipil baik itu bangunan gedung dan jembatan (Turai dan Waghmare 2015). Dalam pengaplikasiannya terdapat dua jenis metode yang digunakan pada konstruksi suatu bangunan struktur beton bertulang, yakni metode cor ditempat (cast in situ) atau metode Pracetak (pre-cast). Metode cor ditempat adalah metode dimana pengecoran dilakukan dilokasi tepat elemen struktur tersebut akan dipasang. Sedangkan metode precast adalah metode dimana pengecoran sudah dilakukan di pabrik precast atau di tempat lain terlebih dahulu (fabrikasi) kemudian elemen struktur dibawa ke lapangan pengerjaan (transportasi) untuk dipasang menjadi suatu kesatuan bangunan yang utuh (ereksi) (Nandasari, Raka, dan Aji 2013).

Dalam beberapa tahun terakhir pemilihan metode precast menjadi banyak dipilih di beberapa proyek, dikarenakan banyaknya pekerjaan sedangkan waktu pengerjaan yang sangat sedikit. Selain itu metode precast mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan metode cor di tempat yakni pada aspek pengendalian dan mutu yang terjamin, pengerjaan yang lebih cepat, serta dapat mengurangi tenaga kerja (Budiono dan Raka 2013). Karenanya metode beton precast pada hari ini menjadi solusi ideal untuk pembangunan proyek bangunan tempat tinggal (Apartemen) dikarenakan pengerjaannya yang bersifatnya berulang dan massal (Tjahjono dan Purnomo 2004).

Indonesia adalah tempat bertemunya beberapa lempeng tektonik sehingga sebagian besar wilayah Indonesia terletak pada daerah gempa kuat. Oleh karena itu sistem pracetak yang dikembangkan haruslah direncanakan agar mampu menahan beban gempa yang kuat. Hingga sejauh ini ada 32 hak paten sistem pracetak tahan gempa yang telah dikembangkan dan dapat diterapkan pada pembangunan gedung bertingkat. Karenanya Sistem pracetak telah terbukti baik secara ilmiah maupun uji lapangan sebagai solusi ketahanan gempa, bahkan untuk daerah zona gempa kuat sekalipun. Hal ini disebabkan karena persyaratan

pengujian yang sangat ketat pada saat produksi sehingga menjamin terbangunnya bangunan dengan kualitas yang baik. (Nurjaman, Faizal dan Sidjabat 2010).

Dalam penerapan metode beton pracetak perencana juga harus memperhatikan sistem sambungan komponen-komponen struktur beton pracetak. Sambungan antar komponen pracetak tidak hanya berfungsi sebagai penyalur beban tetapi juga harus mampu secara efektif mengintegrasikan komponen-komponen tersebut sehingga struktur secara keseluruhan dapat berperilaku monolit. Karenanya penyatuan komponen-komponen tersebut menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang amat penting bagi gedung bertingkat (Syarifandi, Suprpto dan Wimbadi 2012).

Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon di Jakarta merupakan struktur bangunan beton bertulang 42 lantai dengan beberapa tipe dimensi komponen gedung yang berbeda-beda. Lokasi awal Apartemen Grand Kamala Lagoon berada di Jalan Jalan KH Noer Ali No. 3A, Bekasi akan dibangun 1 tower Apartemen dengan tinggi 15 lantai Elemen-elemen struktur yang akan dipracetak adalah seluruh elemen struktur plat dan balok. Sedangkan untuk sambungan digunakan sambungan basah dengan cor ditempat. Lokasi gedung Grand Kamala Lagoon berada di Jakarta Barat yang termasuk dalam zona gempa kuat (SNI 1726: 2012).

1.2 Perumusan Masalah

1.2.1 Umum

Perumusan masalah secara umum dari perencanaan Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon adalah bagaimana membangun struktur gedung Apartemen bertingkat tinggi dengan menggunakan metode beton pracetak?

1.2.2 Khusus

- 1) Bagaimana menentukan preliminary design, struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan?
- 2) Bagaimana perhitungan pembebanan setelah perencanaan struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon?

- 3) Bagaimana melakukan analisa permodelan struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon dengan menggunakan program bantu ETABS?
- 4) Bagaimana merencanakan komponen beton pracetak yang efektif dan efisien sehingga mampu menahan beban-beban yang bekerja pada struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon?
- 5) Bagaimana merencanakan sambungan antar elemen beton pracetak agar menjadi struktur elemen yang monolit?
- 6) Bagaimana merancang pondasi dari struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda?
- 7) Bagaimana membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon menggunakan metode beton pracetak?

1.3 Tujuan

1.3.1 Umum

Tujuan dari perencanaan Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon ini adalah untuk mampu merencanakan struktur gedung bertingkat tinggi dengan menggunakan metode beton pracetak.

1.3.2 Khusus

- 1) Menentukan *preliminary design*, struktur primer dan struktur sekunder yang sesuai dengan hasil perencanaan ulang.
- 2) Menghitung pembebanan setelah perencanaan ulang struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon.
- 3) Melakukan analisa permodelan Apartemen Grand Kamala Lagoon menggunakan metode beton pracetak dengan menggunakan program bantu ETABS.
- 4) Menentukan dimensi dari elemen beton pracetak monolit sehingga mampu menahan beban-bebas yang bekerja pada struktur Apartemen Grand Kalama Lagoon.
- 5) Menentukan metode sambungan dari elemen- elemen pracetak yang monolit.

- 6) Merancang pondasi dari struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon yang mampu menahan beban yang dipikul dan sesuai dengan kondisi tanah yang berbeda.
- 7) Membuat gambar teknik dari hasil perhitungan struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon menggunakan metode beton pracetak.

1.4 Batasan Masalah

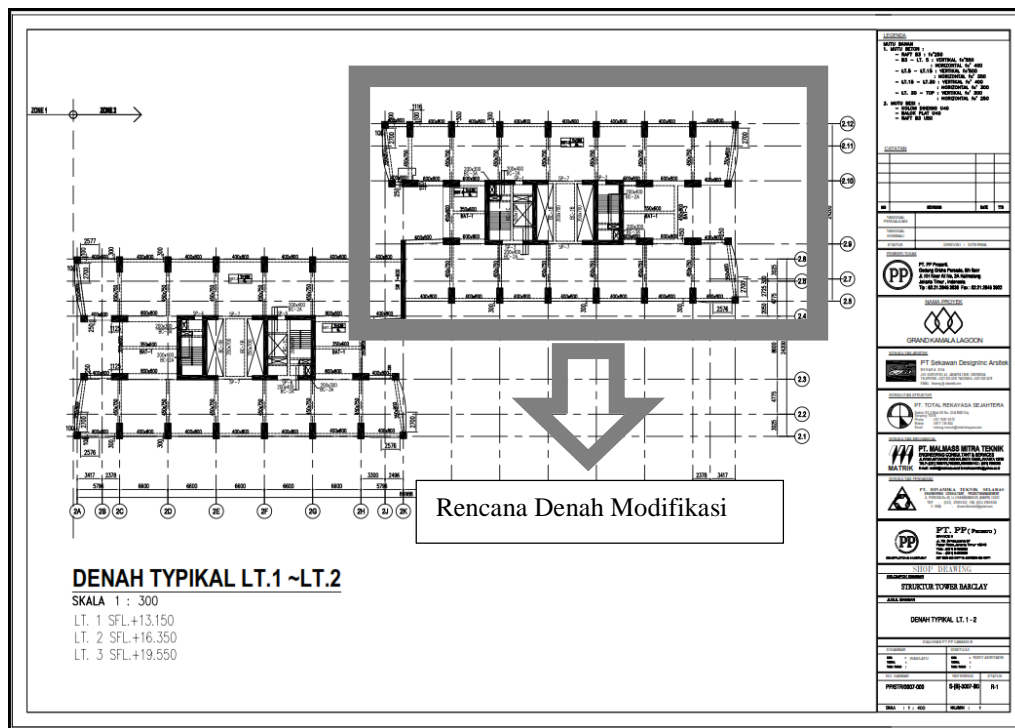
Batasan masalah dalam perencanaan Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon adalah

- 1) Perencanaan menggunakan teknologi beton pracetak (non-prategang) pada semua elemen struktur kecuali dinding geser menggunakan sistem cor setempat (cast in site)
- 2) Perencanaan tidak meninjau dari segi produksi beton pracetak, segi analisis anggaran biaya dan manajemen konstruksi, metode pelaksanaan dan tidak memperhitungkan *electrical* dan *plumbing*.
- 3) Menggunakan program bantu ETABS, spColumn, AutoCad.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari perencanaan ini adalah:

- 1) Memahami perancangan metode beton pracetak pada struktur gedung bertingkat.
- 2) Mengetahui hal-hal apa aja yang perlu diperhatikan saat perencanaan struktur sehingga kegagalan struktur dapat dihindari.
- 3) Menjadi acuan bagi pembaca tentang pembangunan dengan menggunakan metode beton pracetak.
- 4) Menambah wawasan penulis tentang metode beton pracetak sehingga bermanfaat di masa mendatang ketika memasuki dunia kerja



Gambar 1. 1 Denah Eksisting

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam tinjauan pustaka ini akan dibahas jurnal-jurnal dan dasar teori menyangkut perencanaan Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon secara umum dengan menggunakan beton pracetak secara khusus.

2.2 Beton Pracetak

Sebenarnya beton pracetak tidak berbeda dengan beton biasa. Namun yang menjadikan berbeda adalah metoda pabrikasinya. Pada umumnya dianggap bahwa penggunaan beton pracetak lebih ekonomis dibandingkan dengan pengecoran ditempat dengan alasan mengurangi biaya pemakaian bekisting, mereduksi biaya upah pekerja karena jumlah pekerja relatif lebih sedikit, mereduksi durasi pelaksanaan proyek sehingga overhead yang dikeluarkan menjadi lebih kecil (Ervianto,2006). dibandingkan cast in-situ teknologi beton pracetak mempunyai beberapa keunggulan keunggulan yaitu:

- 1) Kemudahan dalam melakukan pengawasan dan pengendalian biaya serta jadwal pekerjaan.
- 2) Tenaga yang dibutuhkan tiap unit komponen lebih kecil dikarenakan pelaksanaan pekerjaan dimungkinkan secara seri.
- 3) Menggunakan tenaga buruh kasar sehingga upah relatif lebih murah.
- 4) Waktu konstruksi yang relatif lebih singkat karena pekerja lapangan (di lokasi proyek) hanya mengerjakan cast in-situ dan kemudian menggabungkan dengan komponen-komponen beton pracetak.
- 5) Beton dengan mutu prima dapat lebih mudah dicapai di lingkungan pabrik.
- 6) Produksinya hampir tidak terpengaruh cuaca.
- 7) Biaya yang dialokasikan untuk supervisi relatif lebih kecil, hal ini disebabkan durasi proyek yang lebih singkat.

- 8) Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga sehingga perencanaan kegiatan dapat lebih akurat.

2.3 Tinjauan Elemen Pracetak

Struktur beton pracetak adalah suatu kesatuan struktur dari beberapa komponen struktur pracetak yang berhubungan satu sama lain yang mampu menahan beban gravitasi dan angin (ataupun gempa). Pada umumnya kerangka bangunan yang dibangun berupa perkantoran, gedung parker, sekolah, tempat perbelanjaan dan gedung-gedung lainnya. Jumlah dari beton dalam kerangka bangunan pracetak adalah kurang dari 4% dari volume kasar gedung dan $\frac{2}{3}$ dari angka tersebut merupakan pelat lantai. Sebagai contoh suatu pusat perbelanjaan dan gedung parkir (2001) elemen beton pracetaknya berupa kolom, balok, pelat lantai, tangga dan pengaku diagonal (Kim S. Elliot, 2002). Perhitungan beton pracetak pada umumnya sama dengan perhitungan bangunan beton konvensional pada umumnya. Perbedaanannya terdapat pada metode pelaksanaan dan saat detail sambungan dari elemen-elemen struktur gedung pracetak tersebut.

2.3.1 Pelat

Pelat adalah elemen horizontal struktur yang mendukung beban mati maupun beban hidup dan menyalurkannya ke rangka vertikal dari sistem struktur.

Dalam *PCI Design Handbook 6th Edition Precast and Prestressed Concrete*, ada tiga macam pelat pracetak (*precast slab*) yang umum diproduksi dan digunakan sebagai elemen pracetak, antara lain:

1) Pelat Pracetak Berlubang (*Hollow Core Slab*)

Pelat ini merupakan pelat pracetak dimana ukuran tebal lebih besar dibanding dengan pelat pracetak tanpa lubang. Biasanya pelat tipe ini menggunakan kabel pratekan. Keuntungan dari pelat jenis ini adalah lebih ringan, tingkat durabilitas yang tinggi dan ketahanan terhadap api sangat tinggi. Pelat jenis ini memiliki lebar

rata-rata 2 hingga 8 feet dan tebal rata-rata 4 inchi hingga 15 inchi.



Gambar 2. 1 *Pelat Pracetak berlubang (Hollow Core Slab)*
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

2) Pelat Pracetak tanpa Lubang (*Solid Slabs*)

Adalah pelat pracetak dimana tebal pelat lebih tipis dibandingkan dengan pelat pracetak dengan lubang. Keuntungan dari penggunaan pelat ini adalah mudah dalam penumpukan karena tidak memakan banyak tempat. Pelat ini bisa berupa pelat pratekan atau beton bertulang biasa dengan ketebalan dan lebar yang bervariasi. Umumnya bentang dari pelat ini antara 5 hingga 35 feet. Pada perencanaan ini pelat yang digunakan adalah pelat pracetak tanpa lubang.



Gambar 2. 2 Pelat Pracetak Tanpa Lubang (*Solid Slab*)
(Sumber : PCI Design Handbook 6th Edition)

3) Pelat Pracetak *Double Tess dan Single Tees*

Pelat ini berbeda dengan pelat yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada pelat ini ada bagian berupa dua buah kaki sehingga tampak seperti dua T yang terhubung.



Gambar 2.3 Pelat pracetak (a) *Single Tee* dan (b) *Double Tees*
(Sumber: PCI Design Handbook 6th Edition)

2.3.2 Balok

Untuk balok pracetak (*Precast Beam*), ada tiga jenis balok yang sering atau umum digunakan

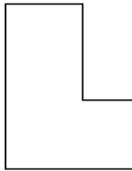
- 1) Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*):

Keuntungan dari balok jenis ini adalah sewaktu fabrikasi lebih mudah dengan bekisting yang lebih ekonomis dan tidak perlu memperhitungkan tulangan akibat cor sewaktu pelaksanaan.



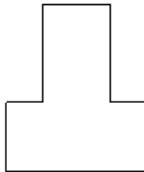
Gambar 2. 4 Balok berpenampang persegi (*Rectangular Beam*)

- 2) Balok berpenampang L (*L-Shaped Beam*)



Gambar 2. 5 Balok berpenampang L (*L-Shaped Beam*)

- 3) Balok berpenampang T terbalik (*Inverted Tee Beam*)



Gambar 2. 6 Balok T terbalik (*Inverted Tee Beam*)

2.3.3 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu

bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (Sudarmoko, 1996).

Kolom dalam perencanaan tugas akhir ini tidak mengaplikasikan kolom pracetak. Didalam perencanaan ini digunakan kolom cor di tempat (metode konvensional) yang menggunakan pengikat sengkang lateral. Kolom ini merupakan kolom beton yang ditulangi dengan batang tulangan pokok memanjang, yang pada jarak tertentu diikat dengan pengikat sengkang ke arah lateral. Tulangan ini berfungsi untuk memegang tulangan pokok memanjang agar tetap kokoh pada tempatnya.

2.4 Perencanaan Sambungan

Proses penyatuan komponen-komponen struktur beton pracetak menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang penting dalam pengaplikasian teknologi beton pracetak. Oleh karena itu, perencanaan sambungan harus diperhatikan dengan seksama sehingga tidak menyulitkan pada saat pelaksanaan.

Dalam teknologi beton pracetak, terdapat 3 (tiga) macam sambungan yang umum digunakan. Sambungan tersebut antara lain, sambungan dengan cor di tempat (in situ concrete joint), sambungan dengan menggunakan las dan sambungan dengan menggunakan baut. Masing-masing dari jenis sambungan tersebut memiliki karakteristik serta kekurangan dan kelebihan sendiri-sendiri yang disajikan dalam tabel 2.1 berikut.

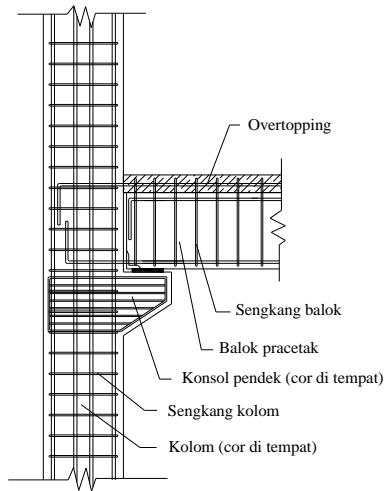
Tabel 2. 1 Perbedaan Metode Penyambungan

Deskripsi	Sambungan dengan cor setempat	Sambungan dengan las/baut
Kebutuhan struktur	Monolit	Tidak monolit
Jenis sambungan	Basah	Kering
Toleransi dimensi	Lebih tinggi	Tergolong rendah, karena dibutuhkan akurasi yang tinggi
Kebutuhan waktu agar berfungsi secara efektif	Perlu setting time	Segera dapat berfungsi
Ketinggian bangunan	-	Maksimal 25 meter

Sumber: Wulfram I. Ervianto (2006)

2.4.1 Sambungan dengan Cor Setempat

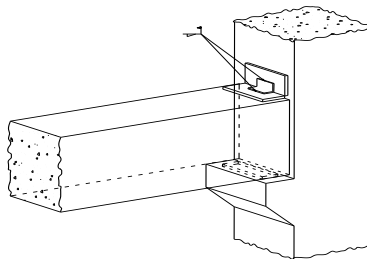
Sambungan ini merupakan sambungan dengan menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen beton baik antar pracetak ataupun antara pracetak dengan cor ditempat. Elemen pracetak yang sudah berada di tempatnya akan di cor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu dengan yang lain agar menjadi satu kesatuan yang monolit seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7. Sambungan jenis ini disebut dengan sambungan basah. Sambungan jenis ini sering diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi, karena tergolong mudah dalam pelaksanaannya. Selain itu sambungan ini dapat membuat bangunan menjadi lebih kaku dibanding menggunakan sambungan jenis lain. Dalam modifikasi ini akan direncanakan menggunakan sambungan cor setempat.



Gambar 2. 7 Sambungan dengan cor setempat

2.4.2 Sambungan Las

Alat sambung jenis ini menggunakan plat baja yang ditanam dalam beton pracetak yang akan disambung. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las seperti gambar 2.8. Melalui pelat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait. Setelah pekerjaan pengelasan, dilanjutkan dengan menutup pelat sambung tersebut dengan adukan beton yang bertujuan untuk melindungi pelat dari korosi.

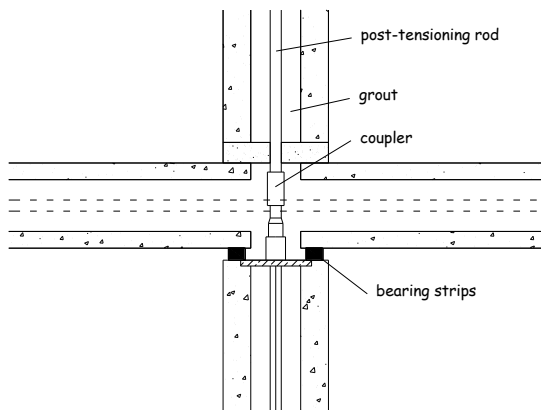


Gambar 2. 8 Sambungan dengan las dan baut

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh corbels atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja yang tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom.

2.4.3 Sambungan Baut

Penyambungan cara ini diperlukan pelat baja dikedua elemen betok pracetak yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat tersebut dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Selanjutnya pelat sambung tersebut dicor dengan adukan beton, guna melindungi dari korosi.



Gambar 2. 9 Sambungan dengan menggunakan *Pressstressed*

2.5 Titik-Titik Angkat dan Sokongan

2.5.1 Pengangkatan Pelat Pracetak

Pemasangan pelat pracetak harus diperhatikan bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu perencanaan terhadap tulanang angkat untuk pelat dengan tujuan untuk menghindari tegangan yang disebabkan oleh fleksibilitas dari truk pengangkut dalam perjalanan menuju lokasi proyek. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya momen-momen pada elemen

pracetak. Pada saat pengangkatan elemen pracetak, dapat menggunakan bantuan balok angkat yang berfungsi untuk menyeimbangkan elemen pracetak pada saat pengangkatan. Jenis titik angkat pada pelat tersebut dijelaskan berikut ini:

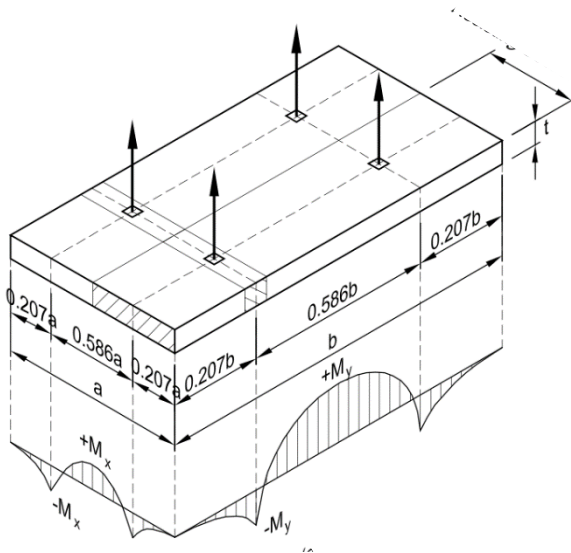
a. Dua Titik Angkat

Maksimum Momen (pendekatan) :

$$+M_x = -M_y = 0,0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0107 w a b^2$$

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/2$. M_y ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2.10 Posisi titik angkat pelat (2 buah titik angkat)

b. Empat Titik Angkat

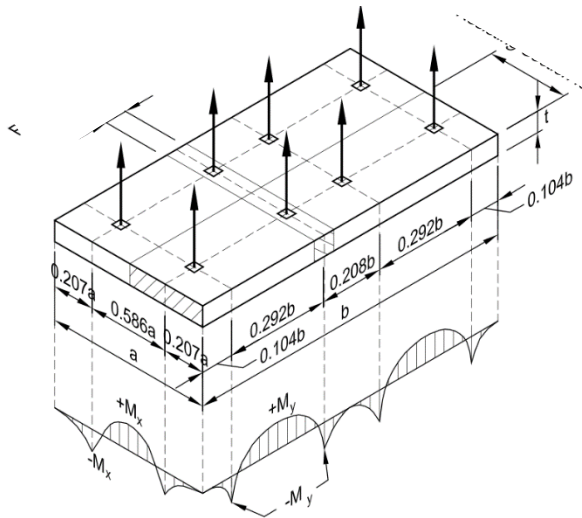
Maksimum Momen (pendekatan):

$$+M_x = -M_y = 0,0054 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_x = 0,0027 w a b^2$$

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/4$

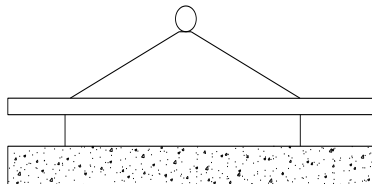
My ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



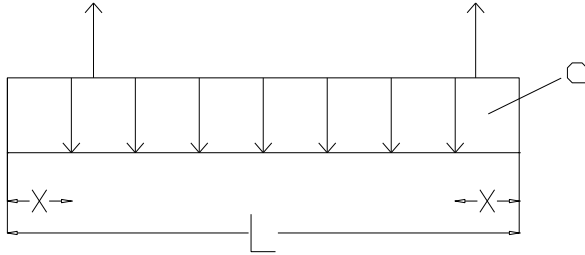
Gambar 2. 10 Posisi titik angkat pelat (4 buah titik angkat)

2.5.2 Pengangkatan Balok Pracetak

Kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan pada tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.

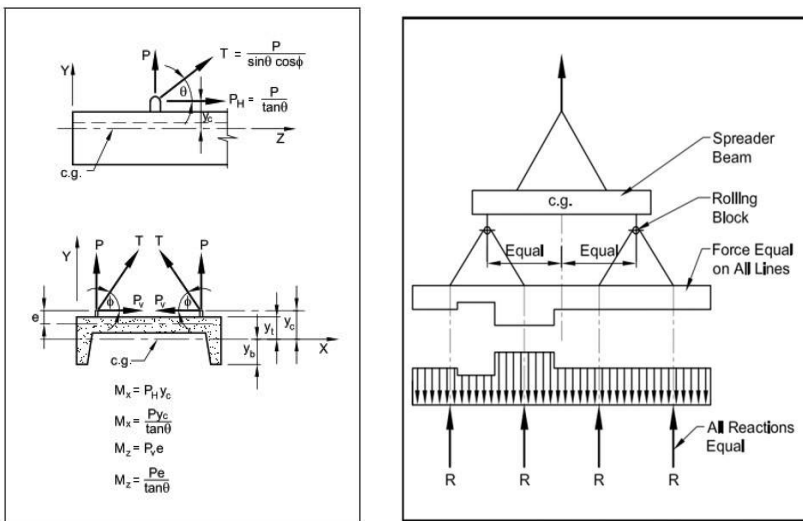


Gambar 2. 11 Pengangkatan balok pracetak



Gambar 2. 12 Model pembebanan balok pracetak saat pengangkatan

Balok pracetak harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok dari kerusakan. Titik pengangkatan balok dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 13 Titik-titik angkat dan sokongan sementara untuk produk pracetak balok

(Sumber: *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition*, gambar 5.3.2.2)

Tabel 2. 2 Angka pengali beban statis ekuivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis.

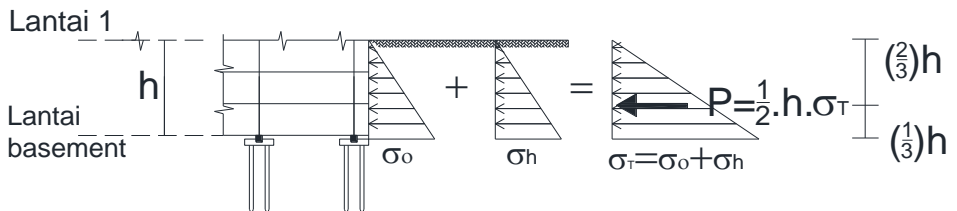
Pengangkatan dari bekisting	1,7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1,2
Transportasi	1,5
Pemasangan	1,2

(Sumber: *PCI Design Handbook, Precast and Prestress Concrete 6th Edition*, gambar 5.3.2.2)

- Orientasi produk dengan macam horizontal, vertikal, atau membentuk sudut
- Lokasi dan jumlah titik-titik angkat
- Lokasi dan jumlah titik-titik sokongan
- Beban sementara, seperti pekerja, peralatan selama pekerjaan, dan berat beton *overtopping*.

2.6 Struktur Basement

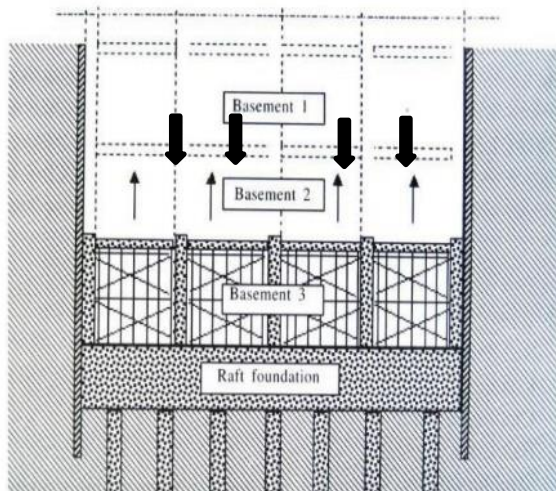
Perencanaan dinding basement juga difungsikan sebagai dinding penahan tanah. Karena lantai basement berada didalam tanah maka seluruh dinding luar digunakan plat beton sebagai penahan tanah. Dinding basement mengalami tekanan horizontal yang diakibatkan oleh tanah dan tekanan akibat air di belakang dinding basement.



Gambar 2. 14 Tekanan tanah yang terjadi di basement

2.6.1 Metode Konstruksi Basement

Metode konstruksi galian yang dilaksanakan pada proyek pembangunan basement Apartemen Grand Kamala Lagoon menggunakan sistem Bottom Up. Pada sistem *bottom up* struktur basement dilaksanakan setelah seluruh pekerjaan galian selesai mencapai elevasi rencana. Pelat basement paling bawah dicor terlebih dahulu, kemudian basement. Pada sistem ini, galian tanah dapat berupa *open cut* atau dengan sistem dinding penahan tanah yang bisa sementara dan permanen.



Gambar 2. 15 Metode *Bottom Up*

2.7 Tinjauan Elemen Pracetak

2.7.1 Fase-Fase Penanganan Produk Pracetak

Sebelum digunakan produk pracetak mengalami fase-fase perlakuan yang meliputi:

- 1) Pengangkatan dari bekisting modul (*stripping*)
 - a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut
 - b. Lekatan permukaan beton dengan bekisting dan kejut, lihat tabel
 - c. Jumlah dan lokasi peralatan angkat

- d. Berat produk pracetak dan beban-beban tambahan, seperti bekisting yang
- e. terbawa saat produk diangkat
- 2) Penempatan ke lokasi penyimpanan (*yard handling and storage*)
 - a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut
 - b. Lokasi titik-titik angkat sementara
 - c. Lokasi sokongan sehubungan dengan produk-produk lain yang juga disimpan
 - d. Perlindungan dari sinar matahari langsung
- 3) Transportasi ke lokasi (*transportation to the job site*)
 - a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut
 - b. Lokasi sokongan vertikal maupun horisontal
 - c. Kondisi kendaraan pengangkut, jalan, dan batas-batas berat muatan dari jalan yang akan dilalui
- 4) Pertimbangan dinamis saat transportasi4. Pemasangan (*erection*)
 - a. Orientasi produk apakah horisontal, vertikal, atau membentuk sudut.
 - b. Lokasi dan jumlah titik-titik angkat.
 - c. Lokasi dan jumlah titik-titik sokongan.
 - d. Beban sementara, seperti pekerja, peralatan selama pekerjaan, dan berat beton *overtopping*.

2.8 Konsep Bangunan Tahan Gempa

Membangun bangunan yang tahan gempa sepenuhnya sangat tidak dianjurkan karena dinilai memerlukan biaya yang mahal. Oleh karena itu prioritas utama dalam membangun bangunan tahan gempa adalah terciptanya suatu bangunan yang dapat mencegah terjadinya korban, serta memperkecil kerugian harta benda (Budiono 2011 dalam Suhaimi, dkk 2014). Dari hal tersebut filosofi dan konsep dasar perencanaan bangunan tahan gempa terbagi 3 macam, yaitu:

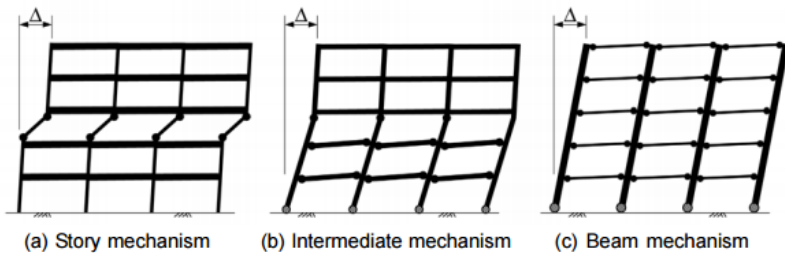
1. Bila terjadi Gempa Ringan, bangunan tidak boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non- struktural (dinding retak, genteng dan langit-langit jatuh, kaca pecah, dsb) maupun pada komponen strukturalnya (kolom dan balok retak, pondasi amblas, dsb).
2. Bila terjadi Gempa Sedang, bangunan boleh mengalami kerusakan pada komponen non- strukturalnya akan tetapi komponen struktural tidak boleh rusak.
3. Bila terjadi Gempa Besar, bangunan boleh mengalami kerusakan baik pada komponen non- struktural maupun komponen strukturalnya, akan tetapi jiwa penghuni bangunan tetap selamat, artinya sebelum bangunan runtuh masih cukup waktu bagi penghuni bangunan untuk keluar/mengungsi ketempat aman.

Untuk menciptakan bangunan tingkat tinggi sesuai kriteria diatas maka penggunaan *Dinding geser (Shear wall)* merupakan salah satu solusi yang dapat digunakan untuk meningkatkan kekakuan struktur dalam arah horisontal untuk menahan gaya-gaya lateral. Sebagai salah satu komponen vertikal, dinding geser memiliki berbagai bentuk potongan melintang yang kebanyakan tidak beraturan. Dengan adanya variasi bentuk potongan melintang, maka sangat diperlukan suatu sistim pemodelan yang tepat untuk analisa dinding geser (Windah 2011).

2.9 Konsep Desain Kapasitas

Dalam perencanaan struktur, perencanaan *limit states design*nya disebut *Capacity Design* atau desain kapasitas yang berarti bahwa ragam keruntuhan struktur akibat pembebanan yang besar ditentukan lebih dahulu dengan elemen-elemen kritisnya dipilih sedemikian rupa agar mekanisme keruntuhannya dapat memancarkan energi yang sebesar-besarnya. Agar elemen-elemen kritis dapat dijamin pembentukannya secara sempurna maka elemen- elemen lainnya harus direncanakan khusus, agar lebih kuat dibandingkan elemen-elemen kritis. Salah satu filsafat yang dikenal dalam perencanaan *capacity design* disebut *Kolom Kuat-Balok Lemah*. (Pandaleke dan Kahiking 2013). Berikut

macam-macam mekanisme keruntuhan, seperti yang terdapat pada



Gambar 2. 16 Macam-macam mekanisme keruntuhan pada portal

Sumber: Jack P. Moehle et al, 2008

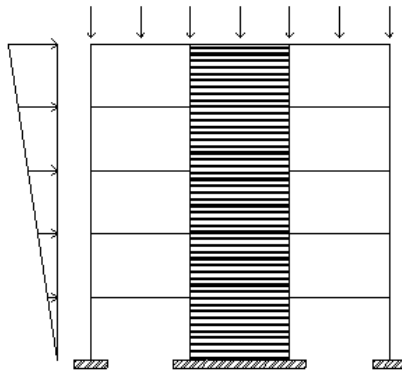
2.10 Sistem Ganda (Dual System)

Berdasarkan SNI-1726-2012 yaitu Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, untuk merencanakan bangunan tahan gempa, struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, dan mampu memberikan kekuatan, kekakuan, dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang disyaratkan. Hal itulah yang menjadikan dasar pemilihan sistem struktur ganda pada proposal tugas akhir ini.

Selain itu sistem ganda memiliki 3 ciri dasar. Pertama, sistem rangka pemikul momen khusus berfungsi memikul beban gravitasi. Kedua, pemikul beban lateral dilakukan oleh dinding geser dengan sistem rangka pemikul momen khusus, dimana sistem rangka pemikul momen khusus harus sanggup memikul sedikitnya 25% dari beban dasar geser nominal. Ketiga, dinding geser dan sistem rangka pemikul momen khusus direncanakan memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan sistem ganda dinding geser dan sistem rangka pemikul momen khusus direncanakan memikul secara bersama-sama seluruh beban lateral dengan memperhatikan sistem ganda (ASCE,2002).

2.11 Dinding Geser (Shearwall)

Bangunan beton bertulang, di dalam perilakunya, terdiri dari elemen pelat, balok dan kolom. Namun ada satu tipe elemen lain yang serupa dengan pelat arah vertikal, dan elemen ini dinamakan dinding geser seperti terlihat pada gambar 1. Desain dan detailing yang cocok dari bangunan yang menggunakan dinding geser sejauh ini telah memperlihatkan kinerja yang sangat baik pada saat mengalami beban gempa.



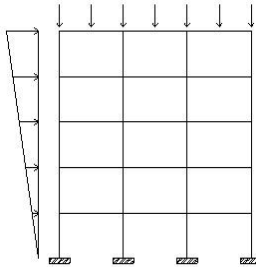
Gambar 2. 17 Sistem Ganda (Dual System)

Sumber : Purwono, 2005

Sebenarnya, dinding geser yang dipasang pada bangunan yang berada di area gempa kuat memerlukan suatu detailing yang khusus. Namun, kenyataannya, gedung-gedung yang memiliki dinding geser yang tidak sepenuhnya didesain secara justru sampai sekarang masih tetap berdiri dan jauh dari tahap keruntuhan akibat beban gempa yang terjadi. Sekarang ini, bangunan yang menggunakan dinding geser banyak diminati di negara-negara yang memiliki resiko terjadi gempa yang cukup tinggi. Sebab dinding geser sangat mudah untuk dirancang karena detailing penguatannya yang tidak terlalu rumit serta mudah diimplementasikan di area konstruksi. Dari segi efisiensi, dinding geser tergolong yang paling baik dari segi biaya konstruksi ataupun kemampuan meminimalisir kerusakan akibat gempa pada elemen structural maupun non struktural dari suatu bangunan (Manalip, Kumaat dan Runtu 2015).

2.12 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Menurut SNI 1726:2012 sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang yang berfungsi untuk memikul beban gravitasi secara lengkap. Sedangkan beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.18. SRPM ini dibagi menjadi tiga jenis, yaitu: Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).



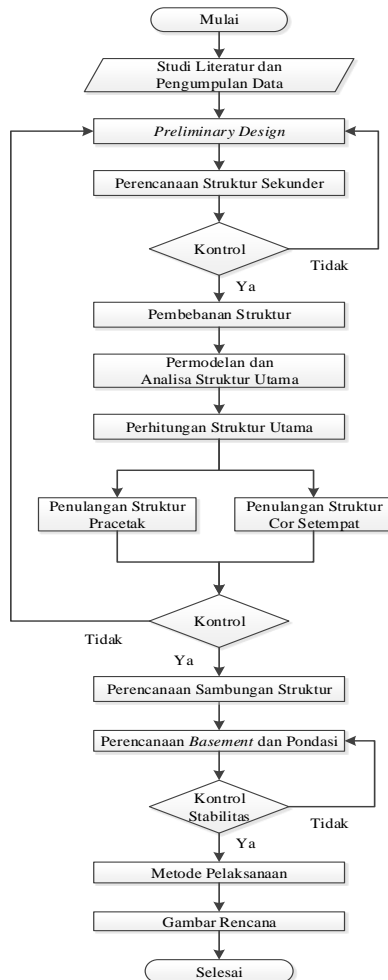
Gambar 2. 18 Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

Sumber: Purwono (2005)

Berdasarkan SNI 2847:2013, perencanaan pembangunan gedung bertingkat untuk daerah dengan resiko gempa tinggi menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Struktur beton bertulang yang berada pada wilayah gempa dan resiko gempa kuat (kerusakan merupakan resiko utama), maka komponen struktur harus memenuhi syarat perencanaan dan pendetailan dari SNI 2847:2013 pasal 21.5.

BAB III METODOLOGI

Secara umum pengerjaan tugas akhir digambarkan dengan diagram alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Perencanaan dimulai dengan melakukan pencarian studi literatur dan pengumpulan data sebagai landasan dalam pengerjaan tugas akhir. Kemudian dilanjutkan dengan penentuan kriteria desain untuk struktur utama dan struktur sekunder. Lalu dilakukan permodelan struktur utama dan analisa terhadap hasil permodelan. Langkah-langkah metode penyelesaian tugas akhir dijelaskan secara detail sebagai berikut:

3.1. Studi Literatur dan Data Perencanaan

3.1.1. Literatur Terkait Perencanaan Gedung

Mencari literatur dan peraturan (*Building Code*) yang akan menjadi acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, adapun beberapa literatur dan peraturan yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tata Cara Perencanaan Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
2. Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 1726:2012)
3. *PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete* edisi keenam (PCI, 2004)
4. Wulfram I. Ervianto. 2006. Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi.
5. Wahyudi, Herman. 1999. Daya Dukung Pondasi Dalam. Surabaya: ITS PRESS

3.1.2 Pengumpulan Data Perancangan Gedung

- Gambar arsitektur (gambar denah, tampak, dan potongan)
- Data tanah (soil investigation) menggunakan data tanah drilling log.

3.1.3. Data-Data Perencanaan

Pengumpulan Data

Data-data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum bangunan, data bahan dan data tanah.

1. Data Umum Bangunan

- Nama gedung : Gedung Grand Kamala Lagoon
- Lokasi : Jalan kavling 18 Kedoya, Jakarta
- Fungsi : Apartemen
- Jumlah lantai : 15 lantai dan 1 basement

- Tinggi bangunan : + 61.00 m
 - Struktur utama : Beton pracetak (non prategang)
2. Data Bahan :
- Kekuatan tekan beton (f'_c) : 35 MPa
 - Tegangan leleh baja (f_y) : 420 Mpa
 - Data Tanah : (Terlampir)
3. Data Gambar
- Gambar Sruktur : (Terlampir)
 - Gambar Arsitektur : (Terlampir)

3.2. Preliminary Design

Pada *preliminary design* ini akan menentukan dimensi elemen struktur gedung untuk digunakan dalam tahap perancangan selanjutnya.

3.2.1. Pengaturan Denah

Dalam pengaturan denah yang perlu diperhatikan adalah fungsi bangunan dan peruntukan tata ruang. Konfigurasi denah juga perlu disesuaikan agar lebih simetris, tanpa mengubah fungsi gedung semula.

3.2.2. Penentuan Dimensi Elemen Struktur

3.2.2.1 Perencanaan Dimensi Kolom

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi (ϕ) dapat ditentukan.

$$A = \frac{W}{\phi x f'c'} \quad (3.1)$$

Dimana,

W = Beban aksial yang diterima kolom.

$f'c'$ = Kuat tekan beton karakteristik.

A = Luas penampang kolom.

3.2.2.2. Perencanaan Dimensi Balok Induk

Tabel minimum balok non-prategang apabila nilai lendutan tidak dihitung dapat dilihat pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.1 tabel 9.5(a). Nilai pada tabel tersebut berlaku apabila digunakan langsung untuk komponen struktur beton normal dan tulangan dengan mutu 420 MPa.

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \quad (3.2)$$

digunakan apabila $f_y = 420 \text{ Mpa}$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left(0,4 - \frac{f_y}{700} \right) \quad (3.3)$$

digunakan untuk f_y selain 420 Mpa

$$h_{\min} = \frac{L}{16} (1,65 - 0,003w_c) \quad (3.4)$$

digunakan untuk nilai w_c 1440 sampai 1840 kg/m^3

3.2.2.3. Perencanaan Dimensi Pelat

Dalam menentukan dimensi pelat langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan terlebih dahulu apakah pelat tergolong pelat satu arah (*one-way slab*).
2. Tebal minimum pelat satu arah (*one-way slab*) menggunakan rumus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 (tabel 9.5(a)).
3. Dimensi pelat minimum dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi:
 - a) Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.2
 1. Tebal pelat tanpa penebalan 120 mm
 2. Tebal pelat dengan penebalan 100 mm
 - b) Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0,2)} \quad (3.5)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm.
(SNI 2847:2013, persamaan 9-12)

- c) Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta} \quad (3.6)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm. (SNI 2847:2013, persamaan 9-13)

Dimana,

β = rasio dimensi panjang terhadap pendek.

α_m = nilai rata - rata dari α_f untuk semua balok pada tepi dari suatu panel.

3.3.1. Perencanaan Balok Anak

Untuk penentuan dimensi balok anak perhitungan sama dengan perhitungan balok induk.

3.3.2. Perencanaan Tangga

Perencanaan desain awal tangga mencari lebar dan tinggi injakan.

$$60 \text{ cm} \leq 2t + i \leq 65 \text{ cm} \quad (3.7)$$

Dimana,

t = tinggi injakan

i = lebar injakan

α = sudut kemiringan tangga
($25^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$)

Untuk penulangan tangga, perhitungan penulangan pelat bordes dan pelat dasar tangga dilakukan sama dengan perencanaan tulangan pelat dengan anggapan tumpuan sederhana (sendi dan rol). Perencanaan tebal tangga ditentukan sesuai ketentuan dalam perhitungan dimensi awal pelat.

3.3.3. Perencanaan Struktur Atap

Konstruksi atap direncanakan berfungsi sebagai pelindung komponen yang ada di bawahnya dalam gedung ini melindungi mesin elevator. Atap direncanakan hanya sebagai beban bagi konstruksi utama sehingga dalam perhitungannya dilakukan secara terpisah.

3.3.4. Perencanaan Lift

Lift merupakan alat transportasi manusia dari satu lantai ke lantai lain dalam sebuah gedung. Perencanaan lift disesuaikan dengan jumlah lantai dan perkiraan jumlah penggunaan lift. Dalam perencanaan lift, metode perhitungan yang dilakukan merupakan analisis terhadap konstruksi ruang tempat lift dan balok penggantung katrol lift.

Ruang landasan diberi kelonggaran (*pit lift*) supaya pada saat lift mencapai lantai paling bawah, lift tidak membentur dasar landasan, di samping itu berfungsi menahan lift apabila terjadi

kecelakaan, misalnya saat tali putus. Perencanaan ini meliputi perencanaan balok penumpu depan, penumpu belakang, dan balok penggantung lift.

3.4. Pembebanan Struktur

Dalam melakukan analisa desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Beban yang bekerja pada suatu struktur ada beberapa jenis menurut karakteristik, yaitu beban statis dan beban dinamis. Berikut ini akan menjelaskan lebih detail mengenai pembebanan sesuai dengan ketentuan berdasarkan SNI 1726:2012 dan ketentuan SNI 2847:2013.

3.4.1 Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada struktur dan juga yang diasosiasikan timbul secara perlahan-lahan, dan mempunyai karakter steady-states yaitu bersifat tetap. Jenis-jenis beban statis menurut Peraturan Pembebanan Untuk Rumah Dan Gedung 1983 adalah sebagai berikut:

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban-beban yang bekerja vertikal ke bawah pada struktur dan mempunyai karakteristik bangunan, seperti misalnya penutup lantai, alat mekanis, dan partisi yang dapat dipindahkan. Beban mati yang digunakan pada perancangan berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) yang tertera pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 1 Beban mati pada struktur

Beban Mati	Besar Beban
Batu Alam	2600 kg/m ³
Beton Bertulang	2400 kg/m ³
Dinding pasangan bata merah (1/2 batu)	250 kg/m ²
Kaca setebal 12 mm	30 kg/m ²

Langit-langit + penggantung	18 kg/m ²
Lantai ubin semen <i>portland</i>	24 kg/m ²
Spesi per cm tebal	21 kg/m ²

2. Beban Hidup

Beban hidup adalah beban-beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Semua beban hidup mempunyai karakteristik dapat berpindah atau bergerak. Secara umum beban ini bekerja dengan arah vertikal ke bawah, tetapi kadang-kadang dapat berarah horizontal. Beban hidup diperhitungkan berdasarkan pendekatan matematis dan menurut kebiasaan yang berlaku pada pelaksanaan konstruksi di Indonesia. Untuk menentukan secara pasti beban hidup yang bekerja pada suatu lantai bangunan sangatlah sulit, dikarenakan fluktuasi beban hidup bervariasi, tergantung dan banyak faktor. Oleh karena itu, faktor beban – beban hidup lebih besar dibandingkan dengan beban mati. Peraturan yang digunakan dalam perancangan beban hidup berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983 (PPIUG 1983) pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Beban hidup pada struktur

Beban hidup pada lantai gedung	Besar Beban
Lantai kantor, toko, hotel	250 kg/m ²
Lantai dan balkon dari ruang pertemuan	400 kg/m ²
Tangga, bordes tangga, dan gang	300 kg/m ²
Lantai untuk: gudang, ruang alat, dan ruang mesin	400 kg/m ²
Beban pekerja	100 /m ²

3.4.1 Beban Gempa

Analisa pembebanan gempa pada gedung ini mengacu pada SNI 1726-2012, dengan tinjauan lokasi gempa dari daerah Jakarta. Adapun langkah-langkahnya yaitu:

1. Menetapkan kategori risiko bangunan berdasarkan Tabel 1 halaman 14-15.

2. Menentukan faktor keutamaan gempa berdasarkan Tabel 2 halaman 15.
3. Menentukan parameter percepatan gempa terpetakan (S_s , dan S_I) berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 halaman 134-135.
4. Menentukan koefisien situs (F_a dan F_v) berdasarkan Pasal 6.2 dan menurut Tabel 4 dan Tabel 5.
5. Menghitung parameter percepatan desain spektral dengan Persamaan (3-8) dan (3-9)
6. (SNI 1726-2012 pasal 6.2 dan pasal 6.3).

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \quad (3.8)$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{M1} \quad (3.9)$$

dengan :

$$S_{MS} = F_A \times S_S \quad (3.10)$$

$$S_{M1} = F_v \times S_I \quad (3.11)$$

7. Menentukan kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek (SNI 1726-2012 Tabel 6). dan untuk kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 s (SNI 1726-2012 Tabel 7).
8. Menentukan koefisien modifikasi respon (R), faktor pembesaran defleksi (C_d), dan faktor kuat lebih sistem (Ω_0) berdasarkan (SNI 1726-2012 Tabel 9).
9. Menentukan prosedur analisis gaya gempa ditentukan oleh beberapa faktor, yaitu kategori desain gempa, sistem struktur, sifat dinamik dari struktur, tingkat keteraturan, atau dengan persetujuan pihak yang berkompeten di bidangnya.
10. Melakukan analisis statik ekuivalen
 - a) Menentukan periode fundamental perkiraan, T_a , dengan Persamaan (3-12) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.2.1).

$$T_a = C_t \times h_n^x \quad (3.12)$$

Keterangan :

C_t , dan x = koefisien parameter waktu getar perkiraan

h_n = tinggi struktur

Dalam tugas akhir menggunakan yaitu analisis statik ekuivalen dan analisis modal respon spektrum.

- b) Menentukan batas periode struktur dengan Persamaan (3-13).

$$T_a \leq C_u \times T_a \quad (3.13)$$

Keterangan :

T_a = periode fundamental perkiraan

C_u = koefisien untuk batas atas periode hasil perhitungan

- c) Menghitung koefisien respon seismik dengan Persamaan (3-14) (SNI-1726-2012 Pasal 7.8.1.1).

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.14)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter akselerasi desain spektral periode pendek

R = koefisien modifikasi respon

I_e = faktor keutamaan gempa

nilai C_s di atas tidak perlu melebihi nilai Persamaan (3-15).

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.15)$$

Dan nilai C_s tidak boleh kurang dari nilai Persamaan (3-16)

$$C_s = 0,44 \cdot S_{D1} \cdot I_e \geq 0,01 \quad (3.16)$$

Untuk struktur dengan lokasi di mana $S_1 \geq 0,6$ g, nilai C_s tidak boleh kurang dari nilai Persamaan (3-17)

$$C_s = \frac{0,5 S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} \quad (3.17)$$

Keterangan :

S_{D1} = parameter percepatan desain spektral periode 1 s

T = periode fundamental struktur

S_1 = parameter percepatan desain spektral maksimum

- d) Menghitung gaya geser dasar seismik dengan Persamaan (3-18) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.1).

$$V \leq C_s W \quad (3.18)$$

Keterangan :

C_s = koefisien respon seismik

W = berat efektif seismik

- e) Menghitung distribusi vertikal gaya gempa dengan Persamaan (3-19) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.3)

$$F_x = C_{vx} V \quad (3.19)$$

dengan :

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\left(\sum_{i=1}^n w_i h_i^k \right)} \quad (3.20)$$

Keterangan :

C_{vx} = Faktor distribusi vertikal

w_i dan w_x = Bagian dari berat total seismik efektif struktur (W) yang ditempatkan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = Tinggi dari dasar ke tingkat i atau x

k = Eksponen yang terkait dengan periode struktur yang nilainya sebagai berikut :

- untuk struktur dengan periode $\leq 0,5$ s, $k=1$
- untuk struktur dengan periode $\geq 2,5$ s, $k=2$
- untuk struktur dengan periode antara 0,5 s sampai 2,5 s, $k=2$ atau ditetapkan dengan interpolasi antara 1 dan 2

f) Menghitung distribusi horizontal gaya di tiap lantai dengan persamaan (3-21) (SNI-1726-2012 pasal 7.8.4)

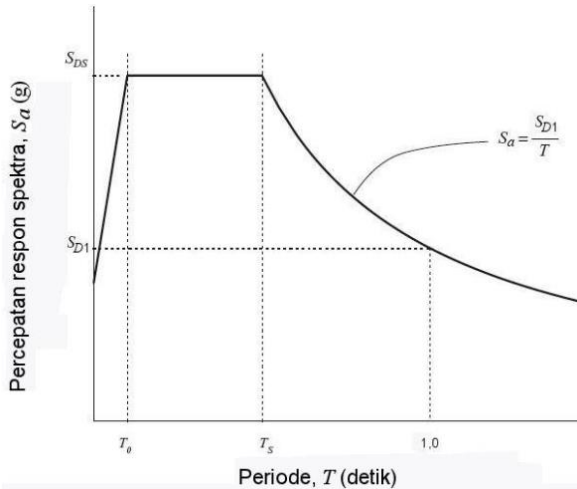
$$V_x = \sum_{i=0}^n F_i \quad (3.21)$$

Keterangan :

F_i = bagian dari gaya geser dasar seismik yang terjadi pada tingkat i

11. Melakukan analisis modal respon spektrum

Analisis modal respon spektrum dilakukan menggambar grafik respon spektrum rencana ke dalam program analisis struktur. Ketentuan mengenai penggambaran grafik respon spektrum dijelaskan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Ketentuan Penggambaran Grafik Respon Spektrum
(Sumbe : SNI-1726-2012)

Pada periode $T < T_0$, respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right) \quad (3.22)$$

Pada periode $T_0 \leq T \leq T_s$, respon spektra percepatan :

$$S_a = S_{DS} \quad (3.23)$$

Pada $T > T_s$, respon spektra percepatan :

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad (3.24)$$

Dengan :

$$T_0 = \frac{0,2 S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.25)$$

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (3.26)$$

3.4.2 Beban Angin (Wind Load/WL)

Berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983:

- Untuk struktur rangka ruang dengan penampang melintang berbentuk bujur sangkar dengan arah angin 45° terhadap bidang-bidang rangka, koefisien angin untuk kedua bidang

rangka di pihak angin masing-masing 0,65 (tekan) dan untuk kedua rangka di belakang angin masing-masing 0,5 (isap).

- Kecuali itu, masing-masing rangka harus diperhitungkan terhadap beban angin yang bekerja dengan arah tegak lurus pada salah satu bidang rangka, koefisien angin untuk rangka pertama di pihak angin adalah 1,6 (tekan) dan untuk rangka kedua di belakang angin adalah 1,2 (isap).
- Untuk atap segitiga majemuk, untuk bidang-bidang atap di pihak angin dengan $\alpha < 65^\circ$ koefisien $(0,2\alpha - 0,4)$ (tekan), dan untuk semua bidang atap di belakang angin untuk semua α adalah 0,4 (isap).
- Tekanan tiup (beban angin) di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 .

Adapun kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI

03-2847-2013 pasal 9.2.1

- 1) $U = 1,4 D$
- 2) $U = 1,2 D + 1,6 L$
- 3) $U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E$
- 4) $U = 1,0 D + 1,0 L$
- 5) $U = 0,9 D \pm 1,0 E$

Di mana:

U = beban ultimate

D = beban mati

L = beban hidup

E = beban gempa

3.5. Permodelan Struktur Utama

Permodelan struktur utama dilakukan untuk mengetahui perilaku struktur akibat pembebanan yang ada, baik beban gravitasi maupun beban gempa. Hasil dari permodelan ini antara lain untuk mengetahui perilaku struktur secara keseluruhan dan perilaku komponen struktur. Perilaku struktur secara keseluruhan meliputi partisipasi massa harus memenuhi, simpangan per lantai harus memenuhi, serta gaya geser gempa harus mendekati total reaksi horizontal di perletakan. Sedangkan perilaku komponen struktur meliputi komponen kolom dan balok

yang ditinjau dari gaya dalam yang didapat dari permodelan struktur. Gaya dalam pada kolom yang perlu diperhatikan antara lain aksial, momen arah x & y, torsi, dan geser. Gaya dalam pada balok antara lain momen, geser, dan torsi.

Permodelan struktur dilakukan dengan menggunakan program bantu ETABS 2016 dengan langkah-langkah permodelan sebagai berikut: menggambar bentuk model struktur, mendesain penampang dan material, memasukkan beban gravitasi dan beban gempa, perletakan diasumsikan sebagai jepit-jepit, kemudian dilakukan *running*, setelah itu dilakukan pengecekan struktur terhadap persyaratan yang ada.

3.6. Analisis Struktur

3.6.1. Perhitungan Gaya Dalam

Analisis struktur dilakukan untuk mendapatkan gaya dalam yang selanjutnya digunakan untuk merancang elemen dan sambungan pada struktur. Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program ETABS 2017 Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain:

- Bentuk gedung
- Dimensi elemen-elemen struktur dari *preliminary design*
- Wilayah gempa
- Pembebanan struktur dan kombinasi pembebanan

3.6.2. Kontrol Persyaratan

Hasil analisis struktur bangunan gedung dikontrol terhadap persyaratan bangunan tahan gempa sesuai SNI 1726:2012, meliputi persyaratan:

- Jumlah ragam partisipasi massa
- Geser dasar seismik (V)
- Koefisien respon seismik (C_s)
- Periode waktu getar alami fundamental (T)
- Simpangan antar lantai (Δ)

Hasil rancangan elemen dan sambungan struktur dikontrol kekuatannya terhadap gaya dalam akibat beban-beban yang ada sesuai standar yang berlaku.

3.7. Perencanaan Penulangan Struktur

Perhitungan perencanaan struktur utama dilakukan setelah perhitungan untuk elemen sekunder beserta gaya-gaya dalam yang diperoleh dari hasil analisa struktur, selanjutnya pendetailan elemen-elemen struktur utama. Perencanaan struktur ini meliputi perencanaan penulangan lentur dan perencanaan penulangan geser.

3.7.1. Perencanaan Tulangan Balok

3.7.1.1. Perhitungan Tulangan Lentur Balok

Tahapan yang digunakan dalam menentukan tulangan lentur pelat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan data-data d , f_y , f'_c , dan μ
2. Menentukan harga β_1

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 \frac{f'_c - 28}{7} \quad (3.27)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.2.7.3)

3. Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

$$\rho_b = \frac{0,85\beta_1 f'_c}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \quad (3.28)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (8.4.2)

$$\rho < 0,025 \quad (3.29)$$

SNI 03-2847-2013 pasal (21.5.2.1)

$$\rho < 0,75 \rho_b \quad (3.30)$$

SNI 2847:2013 lampiran B (10.3.3)

$$\rho_{min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y} \quad (3.31)$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.32)$$

(SNI 2847:2013 pasal 10.5.1)

Dari kedua harga ρ_{min} tersebut, diambil harga yang terbesar sebagai yang menentukan.

4. Menentukan harga m

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} \quad (3.33)$$

5. Menentukan R_n

$$R_n = \frac{M_n}{\phi b d^2} \quad (3.34)$$

Diketahui harga ϕ ditentukan

(SNI 2847:2013 pasal 9.3)

6. Hitung rasio tulangan yang dibutuhkan :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 x m x R_n}{f_y}} \right) \quad (3.35)$$

7. Menentukan luas tulangan (AS) dari ρ yang didapat

$$\rho = \frac{A_s}{b x d} \rightarrow A_s = \rho x b x d \quad (3.36)$$

8. Menentukan jumlah tulangan

$$Jumlah\ Tulangan = \frac{A_{s_{perlu}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2} \quad (3.37)$$

9. Menghitung jarak tulangan

$$Jarak\ Tulangan = \frac{b - n \times \phi L - 2d' - 2\phi S}{n - 1} \quad (3.38)$$

3.7.1.2. Perhitungan Tulangan Geser Balok

Perencanaan penampang geser harus didasarkan sesuai SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 harus memenuhi

$$\phi V_n \geq V_u$$

Dimana:

V_n = kuat geser nominal penampang

V_u = kuat geser terfaktor pada penampang

ϕ = reduksi kekuatan untuk geser = 0,75

Kuat geser nominal dari penampang merupakan sumbangan kuat geser beton (V_c) dan tulangan (V_s)

$$V_n = V_c + V_s \quad (3.39)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1 persamaan 11-2)

dan untuk

$$V_c = 0,17 \alpha \sqrt{f'c} \cdot b_w d \quad (3.40)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.2.1.1 persamaan 11-3)

Perencanaan penampang terhadap geser harus didasarkan pada:

$$\phi V_n \geq V_u \quad (3.41)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.1.1)

Dimana:

V_u = geser terfaktor pada penampang yang ditinjau

V_n = Kuat geser nominal

V_c = Kuat geser beton

V_s = Kuat geser nominal tulangan geser

3.7.1.3. Kontrol Torsi

Pengaruh torsi harus diperhitungkan apabila :

$$T_u \leq \frac{\phi \sqrt{f'c}}{12} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}^2} \right) \quad (3.42)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.1)

Perencanaan penampang terhadap torsi:

$$T_u \leq \phi T_n \quad (3.43)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.5 pers.11-20)

Tulangan sengkang untuk puntir:

$$T_n = \frac{2 \cdot A_0 \cdot A_t \cdot f_y \phi \sqrt{f'c}}{s} \cot \theta \quad (3.44)$$

(SNI 2847:2013, Pasal 11.5.3.6 pers.11-21)

Di mana:

T_u = Momen torsi terfaktor

T_n = Kuat momen torsi

T_c = Kuat torsi nominal yang disumbang oleh beton

T_s = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

A_0 = Luas yang dibatasi oleh lintasan aliran geser mm²

3.7.2. Perencanaan Tulangan Kolom

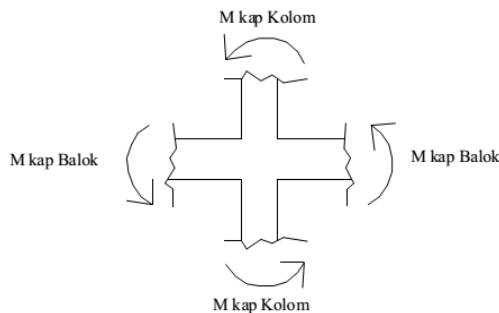
Detail penulangan kolom akibat beban aksial tekan harus sesuai SNI 2847:2013 Pasal 21.3.5.1. Sedangkan untuk perhitungan tulangan geser harus sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 23.5.1.

3.7.2.1. Persyaratan “Strong Coloumn Weak Beams”

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa.

$$\sum Mn_c \geq (1,2) \times \sum Mn_b$$

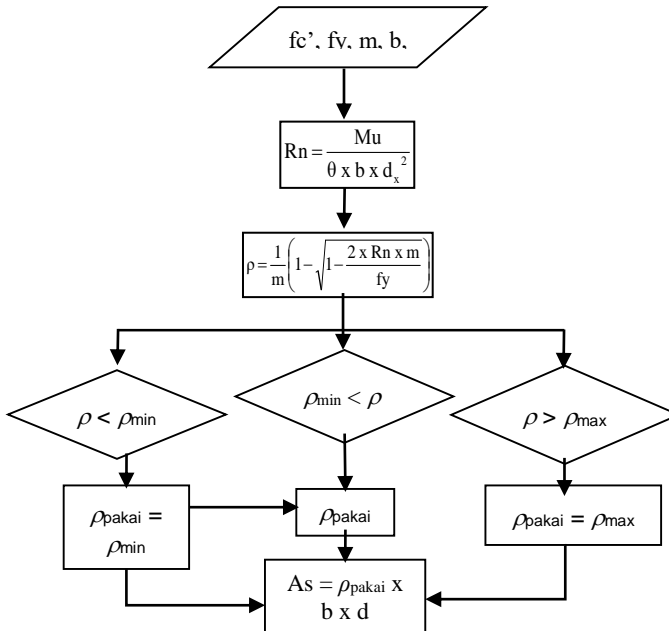
Di mana $\sum Mn_c$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum Mn_b$ merupakan momen kapasitas balok. Perlu dipahami bahwa Mnc harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol kapasitas kolom tersebut agar memenuhi persyaratan *strong column weak beam*. Dengan penjelasan ilustrasi pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Ilustrasi kuat momen yang bertemu di hubungan balok kolom

3.7.3. Perhitungan Tulangan Pelat

3.7.3.1. Perhitungan Tulangan Lentur



Gambar 3. 4 Diagram alir perhitungan penulangan komponen lentur

Perhitungan tulangan dijelaskan secara umum melalui diagram alir pada Gambar 3.4.

3.7.3.2. Perhitungan Tulangan Susut

Kebutuhan tulangan susut diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1.

3.7.3.3. Kontrol Retak Tulangan

Untuk menghindari retak-retak beton di sekitar baja tulangan, maka penggunaan tulangan lentur dengan kuat leleh melebihi 300 MPa perlu dilakukan kontrol terhadap retak sesuai SNI 2847:2013, Pasal 10.6.4.

dengan:

$$Z = f_s \sqrt[3]{d_c A} \quad (3.44)$$

Di mana:

$Z \leq 30.000 \text{ N/mm}$ untuk penampang dalam ruangan,

$Z \leq 25.000 \text{ N/mm}$ untuk di luar ruangan,

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada kondisi beban kerja, boleh diambil sebesar $0,60 f_y$ (MPa)

d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat (mm)

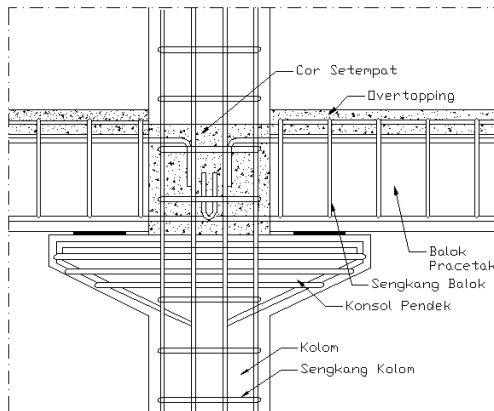
$$A = \frac{2 d_c b}{n} \quad (3.45)$$

A = Luas efektif beton tarik di sekitar tulangan lentur tarik dibagi dengan jumlah n batang tulangan atau kawat (mm^2)

3.8. Perencanaan Sambungan

3.8.1. Sambungan Balok Pracetak dengan Kolom

Sambungan balok pracetak – kolom pada perencanaan gedung ini menggunakan Sambungan Balok - Kolom cor setempat yang terletak pada balok. Sambungan tersebut dipilih karena cukup efektif dalam kinerja, kemudahan, dan kesederhanaan sambungan.

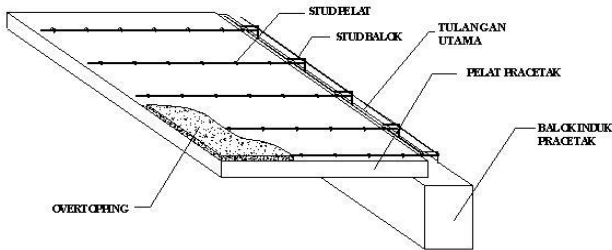


Gambar 3. 5 Sambungan Balok dan Kolom

3.8.2. Sambungan Balok Pracetak dengan Pelat Pracetak

Untuk menghasilkan sambungan yang bersifat kaku, monolit, dan terintegrasi pada elemen-elemen ini, maka harus dipastikan gaya-gaya yang bekerja pada pelat pracetak

tersalurkan pada elemen balok. Sambungan balok induk pracetak dengan pelat pracetak menggunakan sambungan basah yang diberi *overtopping* yang umumnya digunakan 50 mm – 100 mm. Seperti terlihat pada Gambar 3.6.

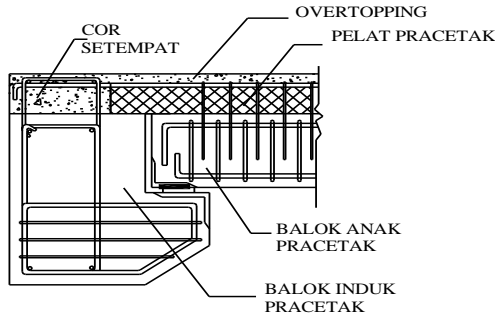


Gambar 3. 6 Sambungan Antara Balok dengan Pelat

3.8.3 Sambungan Balok Induk dengan Balok Anak

Balok anak diletakkan menumpu pada tepi balok induk dengan ketentuan panjang landasan adalah sedikitnya $1/180$ kali bentang bersih komponen plat pracetak, tetapi tidak boleh kurang dari 75 mm. Untuk membuat integritas struktur, maka tulangan utama balok anak baik yang tulangan atas maupun bawah dibuat menerus atau dengan kait standar yang pendetailannya sesuai dengan aturan SNI 2847:2013. Pada Gambar 3.7 diberikan gambaran mengenai sambungan tersebut.

Dalam perancangan sambungan balok induk dengan balok anak digunakan konsol pada balok induk. Balok anak diletakkan pada konsol pendek pada balok induk, kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada balok induk ini sama dengan perencanaan konsol pada kolom.



Gambar 3. 7Sambungan balok induk dengan balok anak

3.8.4 Detail Penulangan Sambungan

3.8.4.1 Geser Horizontal

- Pada pelat lantai dan balok pracetak, gaya geser yang terjadi:

$$V_{nh} = T = C = A_s f_y \quad (3.46)$$

- Kuat geser horisontal menurut SNI 2847:2013, pasal 17.5.4 adalah:

$$\phi \times V_{nh} = \phi \times 0,6 \times b_v \times l_{vh} \quad (3.47)$$

- Menurut SNI 2847:2013, pasal 11.9.9.1 tulangan geser horizontal perlu:

$$V_s = \frac{A_v f_v d}{s} \quad (3.48)$$

3.8.4.2 Penyaluran Tulangan Tarik

Menurut SNI 03-2847-2013, pasal 12.2.2 adalah sebagai berikut:

$$l_{d(\min)} = 300 \text{ mm}$$

$$\text{untuk } D \leq 19 : l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1 \lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b \quad (3.49)$$

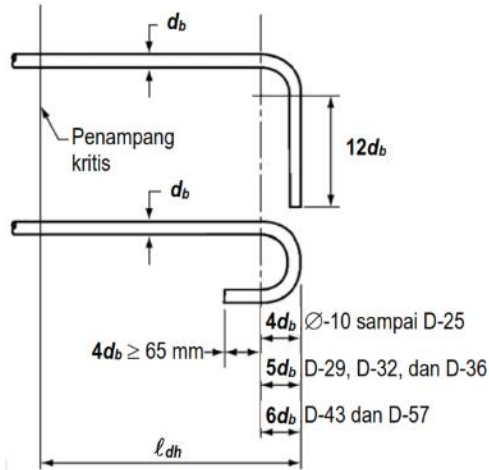
$$\text{untuk } D \geq 22 : l_d = \left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7 \lambda \sqrt{f'c}} \right) d_b \quad (3.50)$$

dengan pengaruh dari faktor pengali pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 3 Faktor Pengali Penyaluran Tulangan Tarik

ψ_t = faktor lokasi penulangan	
Tulangan horizontal dipasang sehingga lebih dari 300mm beton segar dicor dibawah panjang penyaluran atau sambungan	1,3
Situasi lain	1,0
ψ_e = faktor pelapis	
Batang atau kawat dilapisi epoksi dengan selimut kurang dari $3d_b$ atau spasi bersih kurang dari $6d_b$	1,5
Batang atau kawat tulangan berlapis epoksi lainnya	1,2
Tulangan tidak dilapisi dan dilapisi bahan seng (dikalvanis)	1,0
ψ_s = faktor ukuran batang tulangan	
Batang D-19 atau lebih kecil atau kawat ulir	0,8
Batang D-22 dan yang lebih besar	1,0
λ = faktor agregat ringan	
Apabila f_{ct} ditetapkan	0,75
Beton normal	1,0

3.8.4.3 Penyaluran Tulangan Berkait dalam Tarik



Gambar 3. 8 Detail kaitan untuk penyaluran kait standar
(Sumber: SNI 2847:2013)

Dijelaskan pada Gambar 3.8 mengenai detail kaitan.

Menurut SNI 2847:2013, pasal 12.5.2 adalah sebagai berikut:

$$l_{h(\min)} = 8d_b \text{ atau } 150 \text{ mm} \quad (3.51)$$

Panjang penyaluran dasar dicari dengan rumus

$$l_{dh} = \frac{\left(0,24 \frac{\Psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}}\right)}{d_b} \quad (3.52)$$

Dengan faktor pengali pada Tabel 3.6.

Tabel 3. 4 Faktor pengali penyaluran tulangan berkait dalam Tarik

Kondisi	Faktor
Selimut Beton , batang D-36 dan yang lebih kecil dengan tebal selimut samping (normal terhadap bidang kait) tidak kurang dari 60 mm dan untuk kait 90° dengan tebal selimut terhadap kait tidak kurang dari 50 mm	0,70
Senggang, batang D-36 dan yang lebih kecil yang secara vertikal atau horisontal dilindungi oleh senggang yang dipasang sepanjang l_{dh} dengan spasi tidak lebih dari $3d_b$	0,80
Untuk kait 180 derajat dari batang tulangan D-36 dan yang lebih kecil yang dilingkupi dalam pengikat atau senggang tegak lurus terhadap tulangan yang disalurkan tidak lebih besar dari $3d_b$	0,80

3.9. Perencanaan *Basement* dan Pondasi

Struktur *basement* direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan cor di lokasi. Penulangan dinding *basement* dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 2847:2013. Ketebalan dinding *basement* dikontrol sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013 pasal 22.6.6.3. Kemudian, elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah. Penulangan pelat lantai *basement* dihitung sesuai dengan yang telah diatur dalam SNI 03-1729-2013.

Beban dari struktur atas akan diteruskan ke tanah melalui pondasi. Pondasi pada gedung pada tugas akhir ini direncanakan menggunakan tiang pancang beton pracetak. Perhitungan daya dukung tanah vertikal menggunakan formula dari Luciano Decourt, sedangkan kekuatan lateral dihitung dengan formula dari Sosrodarsono dan Nakazawa (2000). Pondasi dikontrol terhadap kekuatan bahan dan kekuatan tanah.

3.9.1. Daya Dukung Tiang Vertikal

Luciano Decourt memberikan formula daya dukung tiang vertikal sebagai berikut.

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (3.53)$$

$$q_P = N_P + K \quad (3.54)$$

$$Q_S = q_s + A_s \quad (3.55)$$

$$Q_S = q_s \cdot A_s \cdot Q_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (3.56)$$

3.9.2. Daya Dukung Tiang Horizontal

Daya dukung tiang horizontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diizinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung kepala tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diizinkan dapat ditentukan. Formula berikut diberikan oleh Sosrodarsono dan Nakazawa (2000).

$$H_a = \left(\frac{4EI\beta^3}{1 + \beta h} \right) \delta_a \quad (3.57)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kD}{4EI}} \quad (3.58)$$

$$k = k_a y^{-0,5} \quad (3.60)$$

$$k_0 = 0,2 E_0 D^{\frac{3}{4}} \quad (3.61)$$

$$E_0 = 28N \quad (3.62)$$

Dimana:

Ha = kapasitas daya dukung horizontal tiang

E = modulus elastisitas bahan

- I = momen inersia penampang
 δ = pergeseran normal (diambil 1 cm)
 k = koefisien reaksi tanah dasar
 $k_o = 0,2 E_o D^{-3/4}$
 y = besarnya pergeseran yang dicari
 E_o = modulus elastisitas tanah (28N)
 h = tinggi tiang di atas tanah

3.9.3. Kebutuhan Tiang Pancang

Jumlah tiang pancang yang dibutuhkan

$$n = \left(\frac{\sum P}{P_{ijin}} \right) \quad (3.63)$$

$$2.5D \leq S \leq 5D$$

$$2.5D \leq S1 \leq 3D$$

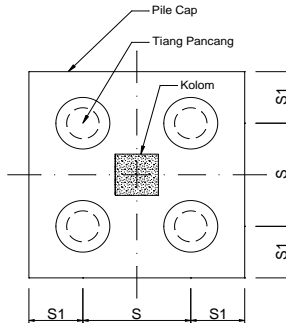
Kontrol tegangan yang terjadi pada tiang pancang

$$P_{satu TP} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{MyX_{max}}{\sum x^2} \pm \frac{MxY_{max}}{\sum y^2} \quad (3.64)$$

Efisiensi satu tiang pancang:

$$\eta = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (3.65)$$

$$P_{group\ tiang} = \eta \cdot P_{ijin}$$



Gambar 3. 9 Ilustrasi Pondasi Tiang Pancang

3.9.4. Perencanaan Terhadap Geser

a) Kontrol geser satu arah

$$\phi V_c \geq V_u$$

$$\phi \frac{1}{6} \sqrt{f' c b_o} d \geq V_u \quad (3.66)$$

b) Kontrol geser dua arah (geser ponds)

Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil, sesuai *SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2*

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f' c b_o} d \quad (3.67)$$

$$V_c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f' c b_o} d \quad (3.68)$$

Di mana α_s adalah 40 untuk kolom interior, 30 untuk kolom tepi, 20 untuk kolom sudut, atau

$$V_c = 0,033 \lambda \sqrt{f' c b_o} d \quad (3.69)$$

3.10. Penggambaran Hasil Perhitungan

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan menggunakan *software* AutoCAD

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Desain Umum

Dalam perencanaan suatu gedung, diperlukan tahapan perencanaan dimensi terlebih dahulu.

4.1.1 Perencanaan Dimensi Balok

Modifikasi pada tugas akhir ini menggunakan balok yang penampangnya berbentuk persegi (rectangular beam). Perencanaan balok dilakukan dalam dua tahap dimana tahap pertama balok pracetak dibuat dengan sistem fabrikasi yang kemudian pada tahap kedua dilakukan penyambungan dengan menggunakan sambungan basah. Pada tahap kedua balok dipasang dengan pengangkatan ke site lalu dilakukan *over-topping (cor in site)* setelah sebelumnya dipasang terlebih dahulu pelat pracetak. Dengan system tersebut maka akan membentuk suatu struktur yang monolit.

Dimensi balok yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 pasal 9.5.2.1 yang tertera pada tabel 9.5.a adalah sebagai berikut:

$$h_{min} = \left(\frac{1}{16} L_b \right) \quad (4.1)$$

Untuk lebar balok diambil $\frac{2}{3}$ dari tinggi balok:

$$b = \left(\frac{2}{3} h \right) \quad (4.2)$$

Dimana:

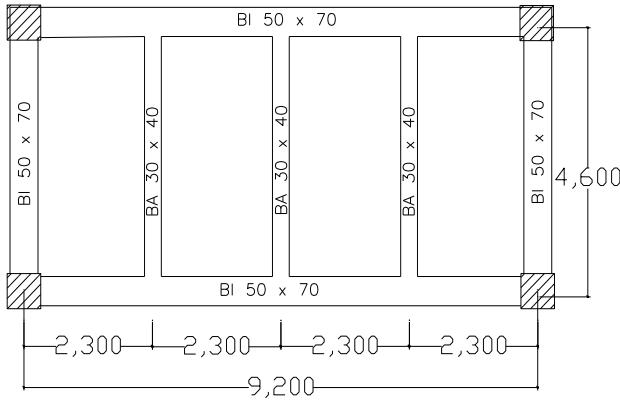
b = lebar balok

h = tinggi balok

L_b = lebar kotor dari balok

f_y = mutu baja tulangan

4.1.1.1 Dimensi Balok Induk



Gambar 4. 1 Denah Balok Induk dan Balok Anak

Balok induk memanjang: L = 9,2 meter

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 920 \text{ cm} = 57,50 \text{ cm}$$

$h_{\min} = 57,50 \text{ cm}$ digunakan $h_{\min} = 70 \text{ cm}$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 70 = 46,69 \text{ cm} \approx \text{digunakan } b = 50 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan dimensi 50/70 cm

Dimensi balok induk melintang: L = 4,8 meter

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 460 \text{ cm} = 28,75 \text{ cm}$$

$h_{\min} = 28,75 \text{ cm}$ digunakan $h_{\min} = 60 \text{ cm}$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm} \approx \text{digunakan } b = 40 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk melintang dengan dimensi 40/60 cm

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Dimensi Balok Induk

Kode balok induk	Bentang bersih (L _b)	h _{min}	b	h _{pakai}	b _{pakai}	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
B1	920	57,50	46,7	70	50	50/70
B2	500	40	31,25	60	40	40/60
B3	460	40	31,25	60	40	40/60

4.1.1.2 Dimensi Balok Anak

Dimensi balok anak direncanakan sebagai balok pada dua tumpuan menerus dengan mutu beton 40 MPa dan mutu baja 420 Mpa sehingga digunakan:

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times L \quad (\text{SNI 2847:2013 Tabel 9.5.a})$$

$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana:

b = lebar balok

h = tinggi balok

maka dimensi balok anak adalah:

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times 460 \text{ cm} = 21,90 \text{ cm}$$

$h_{\min} = 21,90 \text{ cm}$ digunakan $h_{\min} = 40 \text{ cm}$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 30 = 20 \text{ cm} \approx \text{digunakan } b = 30 \text{ cm}$$

maka digunakan balok anak dengan dimensi 30/40

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Dimensi Balok Anak

Kode Balok Anak	Bentang bersih (L _b)	h _{min}	b	h _{pakai}	b _{pakai}	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
BA1	500	21,90	20	30	20	30/40
BA2	460	23,81	20	30	20	30/40

4.1.2 Perencanaan Tebal Pelat

4.1.2.1 Peraturan Perencanaan Pelat

Peraturan penentuan tebal pelat minimum untuk satu arah dan dua arah menggunakan persyaratan pada SNI 2847:2013. Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal pelat minimum satu arah harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 9.5 tabel 9.5 (a).

4.1.2.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap

Pada perencanaan pelat digunakan metode *Half-Slab*, karena ditemukan beberapa kesulitan dalam pemasangan di lapangan, seperti beratnya beban pelat pracetak pada saat pengangkatan.

Half-Slab yang menggunakan beton pracetak sebagai dasarnya dan beton cor setempat sebagai *topping*/penutupnya. Karena *half-slab* merupakan metode yang baru baik di Indonesia maupun di luar Indonesia maka belum ada peraturan yang spesifik yang mengatur penggunaan *half-slab*.

Direncanakan pelat pracetak menggunakan metode *half-slab* memiliki dimensi sebagai berikut:

- Tebal pelat : 8 cm
- Overtopping : 6 cm

4.1.3 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang tinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar, yaitu kolom yang memikul bentang 920 x 460 cm.

Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Data- data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut:

- Tebal pelat = 14 cm = 140 mm
- Tinggi lantai 1-2 = 4 m
- Tinggi tiap lantai 3-15 = 4 m
- Dimensi balok induk = 50/70; 40/60
- Dimensi balok anak = 30/40

4.1.3.1 Dimensi Kolom Lantai 11 - 15

Tabel 4. 3 Beban Mati pada Lantai 11 – 15

											Kg
Pelat	4,6	x	2,30	x	0,14	x	2400	x	5	tingkat	= 17774,4
Penggantung			4,6	x	2,30	x	7	x	5	tingkat	= 370,3
Plafond			4,6	x	2,30	x	11	x	5	tingkat	= 581,9
Balok											
Melintang	4,6	x	0,5	x	0,7	x	2400	x	5	tingkat	= 19320
Memanjang	9,2	x	0,5	x	0,7	x	2400	x	5	tingkat	= 38640
Balok Anak	4,6	x	0,3	x	0,4	x	2400	x	5	tingkat	= 6624
Dinding			9,2	x	4,6	x	250	x	5	tingkat	= 52900
Tegel 2 cm	9,2	x	4,6	x	0,02	x	24	x	5	tingkat	= 101,568
Spesi 2 cm	9,2	x	4,6	x	0,02	x	21	x	5	tingkat	= 88,872
Aspal	9,2	x	4,6	x	0,01	x	1400	x	5	tingkat	= 2962,4
Plumbing			9,2	x	4,6	x	10	x	5	tingkat	= 2116
Sanitasi			9,2	x	4,6	x	20	x	5	tingkat	= 4232
DL TOTAL											= 145711

Tabel 4. 4 Beban Hidup pada Lantai 11 – 15

											Kg
Atap			9,2	x	4,6	x	100	x	1	tingkat	= 4232
Lantai			9,2	x	4,6	x	250	x	4	tingkat	= 42320
DL TOTAL											= 46552

Koefisien Reduksi beban hidup untuk gedung perhotelan (PPIUG, Tabel 4) adalah 0,75. Jadi, total beban untuk beban hidup:

$$\begin{aligned}
 L_L &= 0,75 \times L_{L\text{total}} \\
 &= 0,75 \times 46552 \text{ kg} \\
 &= 34914 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi, Berat Total} &= 1,2D_L + 1,6L_L \\
 &= 1,2 (145711) + 1,6 (34914) \\
 &= 230715,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi $\phi = 0,65$.

Mutu beton = 40 Mpa = 400 kg/cm²

$$\text{Rencana awal} \rightarrow A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{230715,6}{0,65 \times 400} = 823,62 \text{ cm}^2$$

Misalkan $b=h$, maka $b^2 = 823,62 \text{ cm}^2$

$$b = 28,69 \text{ cm} \approx 75 \text{ cm}$$

4.3.1.2 Dimensi Kolom Lantai 6 – 10

Tabel 4. 5 Beban Mati pada Lantai 6 – 10

												Kg
Pelat	4,6	x	2,30	x	0,14	x	2400	x	5	tingkat	=	17774,4
Penggantung			4,6	x	2,30	x	7	x	5	tingkat	=	370,3
Plafond			4,6	x	2,30	x	11	x	5	tingkat	=	581,9
Balok												
Melintang	4,6	x	0,5	x	0,7	x	2400	x	5	tingkat	=	19320
Memanjang	9,2	x	0,5	x	0,7	x	2400	x	5	tingkat	=	38640
Balok Anak	4,6	x	0,3	x	0,4	x	2400	x	5	tingkat	=	6624
Dinding			9,2	x	4,6	x	250	x	5	tingkat	=	52900
Tegel 2 cm	9,2	x	4,6	x	0,02	x	24	x	5	tingkat	=	101,568
Spesi 2 cm	9,2	x	4,6	x	0,02	x	21	x	5	tingkat	=	88,872
Plumbing			9,2	x	4,6	x	10	x	5	tingkat	=	2116
Sanitasi			9,2	x	4,6	x	20	x	5	tingkat	=	4232
DL TOTAL												= 142749

Tabel 4. 6 Beban Hidup pada Lantai 6 – 10

												Kg
Lantai			9,2	x	4,6	x	250	x	5	tingkat	=	52900
DL TOTAL												= 52900

Koefisien Reduksi beban hidup untuk gedung perhotelan (PPIUG, Tabel 4) adalah 0,75. Jadi, total beban untuk beban hidup:

$$\begin{aligned} L_L \text{ Lt. 6-15} &= 0,75 \times L_{L\text{total}} \text{ Lt. 6-15} \\ &= 0,75 \times (52900 + 46552) \text{ kg} \\ &= 74589 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi, Berat Total} &= 1,2D_L + 1,6L_L \\ &= 1,2 (145711 + 142749) + 1,6 (74589) \\ &= 452798,4 \text{ kg} \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi $\phi = 0,65$.

Mutu beton = 40 Mpa = 400 kg/cm²

$$\text{Rencana awal} \rightarrow A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{452798,4}{0,65 \times 400} = 1741,53 \text{ cm}^2$$

Misalkan $b=h$, maka $b^2 = 1741,53 \text{ cm}^2$
 $b = 41,73 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$

4.3.1.3 Dimensi Kolom Lantai 2 – 5

Tabel 4. 7 Beban Mati pada Lantai 2 – 5

											Kg
Pelat	4,6	x	2,30	x	0,14	x	2400	x	3	tingkat	= 10664,6
Penggantung			4,6	x	2,30	x	7	x	3	tingkat	= 222,18
Plafond			4,6	x	2,30	x	11	x	3	tingkat	= 349,14
Balok											
Melintang	4,6	x	0,5	x	0,7	x	2400	x	3	tingkat	= 11592
Memanjang	9,2	x	0,5	x	0,7	x	2400	x	3	tingkat	= 23184
Balok Anak	4,6	x	0,3	x	0,4	x	2400	x	3	tingkat	= 3974,4
Dinding			9,2	x	4,6	x	250	x	3	tingkat	= 31740
Tegel 2 cm	9,2	x	4,6	x	0,02	x	24	x	3	tingkat	= 60,9408
Spesi 2 cm	9,2	x	4,6	x	0,02	x	21	x	3	tingkat	= 53,3232
Plumbing			9,2	x	4,6	x	10	x	3	tingkat	= 1269,6
Sanitasi			9,2	x	4,6	x	20	x	3	tingkat	= 2539,2
DL TOTAL											= 85649,4

Tabel 4. 8 Beban Hidup pada Lantai 1 – 3

											Kg
Lantai			9,2	x	4,6	x	250	x	3	tingkat	= 31740
DL TOTAL											= 31740

Koefisien Reduksi beban hidup untuk gedung perhotelan (PPIUG, Tabel 4) adalah 0,75. Jadi, total beban untuk beban hidup:

$$\begin{aligned}
 L_L \text{ Lt. 1-15} &= 0,75 \times L_{L\text{total}} \text{ Lt. 1-15} \\
 &= 0,75 \times (31740 + 52900 + 46552) \text{ kg} \\
 &= 90459 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi, Berat Total

$$\begin{aligned}
 &= 1,2D_L + 1,6L_L \\
 &= 1,2 (145711 + 142749 + 85649,4) + 1,6 (90459) \\
 &= 563772,504 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi $\phi = 0,65$.

Mutu beton = 40 Mpa = 400 kg/cm²

$$\text{Rencana awal} \rightarrow A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{563772}{0,65 \times 400} = 2168,36 \text{ cm}^2$$

Misalkan $b=h$, maka $b^2 = 2168,36 \text{ cm}^2$
 $b = 47 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$

4.3.1.4 Dimensi Kolom Lantai basement – 1

Tabel 4. 9 Beban Mati pada Lantai basement – 1

												Kg	
Pelat	4,6	x	2,30	x	0,14	x	2400	x	2	tingkat	=	7109,76	
Penggantung			4,6	x	2,30	x	7	x	2	tingkat	=	148,12	
Plafond			4,6	x	2,30	x	11	x	2	tingkat	=	232,76	
Balok													
Melintang	4,6	x	0,5	x	0,7	x	2400	x	2	tingkat	=	7728	
Memanjang	9,2	x	0,5	x	0,7	x	2400	x	2	tingkat	=	15456	
Balok Anak	4,6	x	0,3	x	0,4	x	2400	x	2	tingkat	=	2649,6	
Dinding			9,2	x	4,6	x	250	x	2	tingkat	=	21160	
Tegel 2 cm	9,2	x	4,6	x	0,02	x	24	x	2	tingkat	=	40,6272	
Spesi 2 cm	9,2	x	4,6	x	0,02	x	21	x	2	tingkat	=	35,5488	
Plumbing			9,2	x	4,6	x	10	x	2	tingkat	=	846,4	
Sanitasi			9,2	x	4,6	x	20	x	2	tingkat	=	1692,8	
DL TOTAL												=	57099,62

Tabel 4. 10 Beban Hidup pada Lantai Basement – 1

											Kg	
Lantai		9,2	x	4,6	x	250	x	2	tingkat	=	21160	
DL TOTAL											=	21160

Koefisien Reduksi beban hidup untuk gedung perhotelan (PPIUG, Tabel 4) adalah 0,75. Jadi, total beban untuk beban hidup:

$$\begin{aligned}
 L_L \text{ Lt. 1-15} &= 0,75 \times L_{L\text{total}} \text{ Lt. Basement - 1} \\
 &= 0,75 \times (31740 + 52900 + 46552 + 21160) \text{ kg} \\
 &= 114264 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi, Berat Total

$$\begin{aligned}
 &= 1,2D_L + 1,6L_L \\
 &= 1,2 (145711 + 142749 + 85649 + 57099) + 1,6 (114264) \\
 &= 700273,824 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi $\phi = 0,65$.

Mutu beton = 40 Mpa = 400 kg/cm²

$$\text{Rencana awal} \rightarrow A = \frac{W}{\phi f'c} = \frac{697741,25}{0,65 \times 400} = 2683,62 \text{ cm}^2$$

Misalkan $b=h$, maka $b^2 = 2683,62 \text{ cm}^2$

$$b = 52 \text{ cm} \approx 100 \text{ cm}$$

Maka dimensi kolom yang dipakai:

- Lantai 1 – 5 = 100 x 100 cm
- Lantai 6 – 10 = 80 x 80 cm
- Lantai 11 – 15 = 75 x 75 cm

4.2 Perencanaan Struktur Sekunder

Desain tebal pelat direncanakan menggunakan ketebalan 14 cm dengan perincian tebal pelat pracetak 8 cm dan pelat cor setempat (*overtopping*) 6 cm. Peraturan yang digunakan untuk penentuan besar beban yang bekerja pada struktur pelat adalah Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 1727:2013). Desain Pelat direncanakan pada beberapa keadaan, yaitu :

1. Sebelum Komposit

Keadaan ini terjadi pada saat awal pengecoran topping yaitu komponen pracetak dan komponen topping belum menyatu dalam memikul beban. Perletakan pelat dapat dianggap sebagai perletakan bebas.

2. Sesudah Komposit

Keadaan ini terjadi apabila topping dan elemen pracetak pelat telah bekerja bersama-sam dalam memikul beban. Perletakan pelat dianggap sebagai perletakan terjepit elastis.

Pada dasarnya, permodelan pelat terutama perletakan baik pada saat sebelum komposit dan setelah komposit adalah untuk perhitungan tulangan pelat. Pada saat sebelum komposit yaitu kondisi ketika pemasangan awal pelat, pelat diasumsikan tertumpu pada dua tumpuan. Sedangkan pada saat setelah komposit, perletakan pelat diasumsikan sebagai perletakan terjepit elastis.

Penulangan akhir nantinya merupakan penggabungan pada dua keadaan diatas. Selain tulangan untuk menahan beban gravitasi perlu juga diperhitungkan tulangan angkat yang sesuai pada pemasangan pelat pracetak.

4.2.1 Data Perencanaan Pelat

Data perencanaan yang digunakan untuk perencanaan pelat sesuai dengan preliminary desain adalah:

- Tebal pelat = 14 cm

- Mutu beton (f'_c) = 40 MPa $\rightarrow \beta_1 = 0,85$
- Mutu baja (f_y) = 420 MPa
- Diameter tulangan rencana = 12 mm

4.2.1.1 Pembebanan Pelat Lantai

Sebelum komposit

- Beban mati (DL)
 - Berat sendiri = $0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$
 - Berat topping = $0,06 \times 2400 = 144 \text{ kg/m}^2$ +
 - DL = 336 kg/m^2
- Beban hidup (LL)
 - $K_{LL} = 1$ (SNI 1727:2013, Tabel 4.2)
 - Luas Tributary (A_T) = $4,6 \times 2,3 \text{ m} = 1058 \text{ m}^2$
 - $K_{LL} \times A_T = 1 \times 7,04 \text{ m}^2 = 10,58 \text{ m}^2 < 37,16 \text{ m}^2$
 - Maka, Beban hidup tidak perlu direduksi
 - Beban kerja = 192 kg/m^2
 - (SNI 1727:2013, Tabel 4.1)

Setelah komposit

- Beban mati (DL)
 - Berat sendiri = $0,14 \times 2400 = 336 \text{ kg/m}^2$
 - Plafon+penggantung = $11 + 7 \text{ kg/m}^2 = 18 \text{ kg/m}^2$
 - Ubin ($t = 2 \text{ cm}$) = $0,02 \times 2400 = 48 \text{ kg/m}^2$
 - Spesi ($t = 2 \text{ cm}$) = $0,02 \times 2100 = 42 \text{ kg/m}^2$
 - Ducting AC+pipa = $10 + 5 \text{ kg/m}^2 = 15 \text{ kg/m}^2$ +
 - DL = 459 kg/m^2
- Beban hidup (LL)
 - Beban hidup pada lantai LL = 192 kg
 - (SNI 1727:2013, Tabel 4.1)

Kombinasi pembebanan pelat

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 9.2.1 didapatkan

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ DL}$$

Berikut adalah perhitungan kombinasi pembebanan pelat lantai:

- Keadaan 1 sebelum komposit, ada beban kerja

$$Q_u = 1,2 \times 192 + 1,6 \times 192 = 537,6 \text{ kg/m}^2$$

- Keadaan 2 sebelum komposit, topping telah terpasang

$$Q_u = 1,2 \times 336 + 1,6 \times 0 = 403,2 \text{ kg/m}^2$$

- Keadaan 3, setelah komposit

$$Q_u = 1,2 \times 459 + 1,6 \times 192 = 858 \text{ kg/m}^2$$

4.2.1.2 Perhitungan Tulangan Pelat

Perhitungan penulangan pelat akan direncanakan dalam dua tahap, yaitu tahap pertama penulangan sebelum komposit dan kedua adalah penulangan sesudah komposit. Lalu dipilih tulangan yang layak untuk digunakan, yang memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua keadaan diatas. Tulangan pelat menggunakan tulangan yang sama untuk memudahkan pelaksanaan.

Data perencanaan untuk penulangan pelat:

- Menentukan data perencanaan penulangan pelat

Dimensi pelat	= 153 cm x 460 cm
Tebal pelat pracetak	= 80 mm
Tebal overtopping	= 60 mm
Tebal decking	= 20 mm
Diameter tulangan rencana	= 12 mm
Mutu tulangan baja (f_y)	= 420 MPa
Mutu beton (f'_c)	= 40 Mpa

- Kondisi sebelum komposit

$$dx = 80 - 20 - \frac{12}{2} = 54 \text{ mm}$$

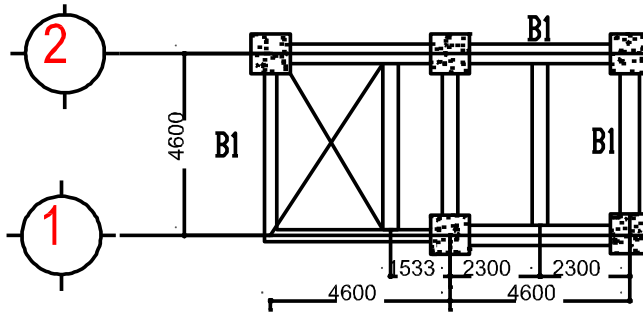
$$dy = 80 - 20 - 12 - \frac{12}{2} = 46 \text{ mm}$$

- Kondisi sesudah komposit

$$dx = 140 - 20 - \frac{12}{2} = 114 \text{ mm}$$

$$dy = 140 - 20 - 12 - \frac{12}{2} = 106 \text{ mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 30} = 12,35$$



Gambar 4. 2 Tipe Pelat HS 460 × 153 cm

$$L_y = 153 - (70/2) = 118 \text{ cm}$$

$$L_x = 460 - (70/2 + 70/2) = 390 \text{ cm}$$

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{390,0}{118} = 3,30 > 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

Penulangan pokok pelat pada tumpuan sama dengan pada lapangan, tetapi letak tulangan tariknya berbeda. Pada daerah tumpuan, tulangan tarik berada di atas sedangkan pada daerah lapangan, tulangan tarik berada di bawah. Tulangan lapangan dan tulangan tumpuan baik tulangan bagi direncanakan menggunakan D12 mm ($A_s = 113,097 \text{ mm}^2$).

a) Perhitungan Penulangan Pelat Sebelum Komposit

Tebal pelat = 80 mm (sebelum komposit)

Tebal decking = 20 mm

D tulangan = 12 mm ($A_s = 113,097 \text{ mm}^2$)

Tinggi efektif $d = 80 - 20 - \frac{1}{2} \times 12 = 54 \text{ mm}$

$$M_u = 1/8 q_u L^2 = 1/8 \times 537,6 \times 4,6^2 = 1421,95 \text{ kgm}$$

$$M_u = 14219520 \text{ Nmm}$$

Dipakai koefisien faktor reduksi : $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{14219520}{0,9 \times 1000 \times 54^2} = 5,41$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} \geq \frac{1,4}{f_y}$$

$$= \frac{0,25\sqrt{40}}{420} = 0,00376 > \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,35} \left(1 - \frac{2 \times 12,35 \times 5,41}{420} \right) = 0,0141$$

$\rho_{perlu} = 0,0141 > \rho_{min} = 0,003$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{s_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,014 \times 1000 \times 54 = 770,3 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{s_{perlu}}}{A_{s1 \text{ tulangan}}} = 6,75 \approx 7$$

Dipakai 7 D12 ($A_s = 791 \text{ mm}^2$)

Kontrol penggunaan faktor reduksi

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \text{ perlu} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{770 \times 420}{(0,85 \times 40 \times 1000)} = 9,43 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,005 \frac{(40 - 28)}{7}$$

$$= 0,84$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{9,43}{0,84} = 11,21$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (54 - 11,21)}{11,21} = 0,014 > \varepsilon_0 \text{ ...OK}$$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 791 \times 420 \left(54 - \frac{9,43}{2} \right) = 14344892 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 14244483 \text{ Nmm} \geq M_u = 14219520 \text{ Nmm} \dots \text{OK}$$

- Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1000}{n-1} = \frac{1000}{7-1} = 166 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

- Kontrol Spasi Tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h = 280 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq (3h = 420 \text{ mm}) \text{ atau } 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5})$$

Maka, S dipasang tulangan utama D12- 200 mm

- Tulangan bagi

Dalam arah tegak lurus terhadap tulangan utama harus disediakan tulangan pembagi (demi tegangan suhu dan susut)

$$\text{Untuk } f_y = 420 \rightarrow A_s = \frac{0,18 b h}{100}$$

Tulangan pembagi di lapangan

$$A_s = \frac{0,18 \times 1000 \times 80}{100} = 144 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dipasang tulangan bagi D10-280} = 280,36 \text{ mm}^2 > 144 \text{ mm}^2 \\ \rightarrow \text{OK}$$

b) Penulangan Sebelum Komposit Akibat Pengangkatan

Besarnya momen dan pengaturan jarak tulangan angkat sesuai “*PCI Handbook, 6th Edition*” berdasarkan empat titik angkat dimana momen daerah tumpuan sama dengan momen daerah lapangan, yaitu sebagai berikut:

$$M_x = 0,0107 \times w \times a^2 \times b$$

$$M_y = 0,0107 \times w \times a \times b^2$$

Pada pelat tipe 4,6 x 1,53 ditentukan a = 1,53 dan b = 4,6 dengan w = 1,2 x (0,08 x 24) + 1,6 x 1,92 = 5,376 kN/m²

$$\text{Maka : } M_x = 0,0107 \times 5,37 \times 1,53^2 \times 4,6 = 0,62 \text{ kNm} \\ = 0,618 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 0,0107 \times 5,37 \times 1,53 \times 4,6^2 = 1,86 \text{ kNm} \\ = 1,86 \times 10^6 \text{ Nmm}$$

Diketahui, $M_x = 618000 \text{ Nmm}$

Dipakai koefisien faktor reduksi: $\phi = 0,9$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{618000}{0,9 \times 1000 \times 54^2} = 1,27$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,35} \left(1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,27}{420} \right) = 0,003$$

$\rho_{perlu} = 0,00308 < \rho_{min} = 0,0033$ dipakai ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{perlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0033 \times 1000 \times 54 = 178 \text{ mm}^2$$

$$As_1 \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,25 \times \pi \times 12^2 = 133 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{As_{perlu}}{As_1 \text{ tulangan}} = 1,57 \approx 2$$

Dipakai 2 D12 ($As = 266,5 \text{ mm}^2$)

Kontrol penggunaan faktor reduksi

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{As \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{266,5 \times 420}{(0,85 \times 40 \times 1000)} = 3,29 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{3,29}{0,80} = 4,11$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (45 - 3,96)}{3,96} = 0,031 > 0,005 \text{ ...OK}$$

terkontrol tarik, maka dipakai $\phi = 0,9$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi As \cdot fy \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 266 \times 420 \left(114 - \frac{3,29}{2} \right) = 9598262,94 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 9598262 \text{ Nmm} \geq Mu = 618000 \text{ Nmm ...OK}$$

- Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1000}{n-1} = \frac{1000}{2-1} = 1000 \text{ mm}$$

- Kontrol Spasi Tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h=240 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq (3h = 360 \text{ mm}) \text{ atau } 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5})$$

Maka dipasang tulangan utama D12 – 200 mm

Diketahui, $M_y = 1860000 \text{ Nmm}$

Dipakai koefisien faktor reduksi : $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{1860000}{0,9 \times 1000 \times 54^2} = 0,707$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{12,35} \left(1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,707}{420} \right) = 0,002$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,002 < \rho_{\text{min}} = 0,0033$ dipakai ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0033 \times 1000 \times 54 = 178 \text{ mm}^2$$

$$A_{S_1 \text{ tulangan}} = \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,25 \times \pi \times 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{S_{\text{perlu}}}}{A_{S_1 \text{ tulangan}}} = 1,57 \approx 2$$

Dipakai 2 D12 ($A_s = 266,5 \text{ mm}^2$)

Kontrol penggunaan faktor reduksi

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{266,5 \times 420}{(0,85 \times 40 \times 1000)} = 3,29 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{3,29}{0,80} = 4,11$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (45 - 3,96)}{3,96} = 0,031 > 0,005 \text{ ...OK}$$

terkontrol tarik, maka dipakai $\phi = 0,9$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 266 \times 420 \left(114 - \frac{3,29}{2} \right) = 9598262,94 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 9598262 \text{ Nmm} \geq Mu = 1860000 \text{ Nmm ...OK}$$

- Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1000}{n-1} = \frac{1000}{2-1} = 1000 \text{ mm}$$

- Kontrol Spasi Tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h = 280 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq (3h = 420 \text{ mm}) \text{ atau } 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5})$$

Maka dipasang tulangan utama D12 – 200 mm

c) Penulangan Pelat Saat Overtopping

Tebal pelat = 80 mm (sebelum komposit)

Tebal decking = 20 mm

ϕ tulangan = 12 mm ($A_s = 113,097 \text{ mm}^2$)

Tinggi efektif $d = 80 - 20 - \frac{1}{2} \times 12 = 54 \text{ mm}$

$$Mu = 1/8 q_u L^2 = 1/8 \times 4,03 \times 4,6^2 = 10,65 \text{ kNm}$$

$$Mu = 10659350 \text{ Nmm}$$

Dipakai koefisien faktor reduksi : $\phi = 0,9$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{10659350}{0,9 \times 1000 \times 54^2} = 4,06$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy} \right)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{12,35} \left(1 - \frac{2 \times 12,35 \times 4,06}{420} \right) = 0,0103$$

$\rho_{perlu} = 0,0103 > \rho_{min} = 0,0033$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{Sperlu} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0103 \times 1000 \times 54 = 559 \text{ mm}^2$$

$$A_{s1 \text{ tulangan}} = \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,25 \times \pi \times 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{Sperlu}}{A_{s1 \text{ tulangan}}} = 4,96 \approx 5$$

Dipakai 5 D12 ($A_s = 565 \text{ mm}^2$)

Kontrol penggunaan faktor reduksi

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \times fy}{(0,85 \times f'c \times b)} = \frac{559 \times 420}{(0,85 \times 35 \times 1000)} = 6,89 \text{ mm}$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{6,89}{0,80} = 8,19$$

- Regangan Tarik

$\epsilon_0 = 0,003$ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3

- Regangan Tarik netto

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (54 - 8,19)}{8,19}$$

$$= 0,162 > 0,005 \text{ ...OK}$$

terkontrol tarik, maka dipakai $\phi = 0,9$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi As \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 559 \times 420 \left(54 - \frac{6,89}{2} \right) = 10682372 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 10682372 \text{ Nmm} \geq Mu = 10659350 \text{ Nmm} \dots \text{OK}$$

- Jarak tulangan yang diperlukan

$$s = \frac{1000}{n-1} = \frac{1000}{5-1} = 250 \text{ mm}$$

- Kontrol Spasi Tulangan

- Kontrol Spasi Tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h = 280 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq (3h = 420 \text{ mm}) \text{ atau } 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5})$$

Maka dipasang tulangan utama D12 – 200 mm

d) Penulangan Pelat Sesudah Komposit

Tebal pelat = 140 mm (sesudah komposit)

Tebal decking = 20 mm

ϕ tulangan = 12 mm

Tinggi efektif $d = 140 - 20 - \frac{1}{2} \times 12 = 114 \text{ mm}$

$$Mu = \frac{1}{8} q_u L^2 = \frac{1}{8} \times 858 \times 4^2 = 2269 \text{ kgm}$$

$$Mu = 22694100 \text{ Nmm}$$

Dipakai koefisien faktor reduksi : $\phi = 0,9$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \times b \times d^2} = \frac{22694100}{0,9 \times 1000 \times 114^2} = 1,9$$

$\rho_{\min} = 0,002$ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 14.3.3 (a)

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 1,47}{400}} \right) = 0,0048$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0048 > \rho_{\min} = 0,002$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar:

$$A_{S_{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0048 \times 1000 \times 114 = 542,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{S1 \text{ tulangan}} = \frac{1}{4} \pi D^2 = 0,25 \times \pi \times 12^2 = 113 \text{ mm}^2$$

$$n_{tulangan} = \frac{A_{S_{perlu}}}{A_{S1 \text{ tulangan}}} = 4,8 \approx 5$$

Dipakai 5 D12 ($A_s = 565 \text{ mm}^2$)

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$l = \frac{A_{s \text{ perlu}} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{259,6 \times 420}{(0,85 \times 40 \times 1000)} = 6,70 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,01 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,84$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{3,2}{0,84} = 7,97$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (114 - 8,09)}{7,965} = 0,040 > \varepsilon_0 \text{ ...OK}$$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi Mn = \phi A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\phi Mn = 0,9 \times 565 \times 420 \left(114 - \frac{6,7}{2} \right) = 10396115 \text{ Nmm}$$

$$\phi Mn = 23631520 \text{ Nmm} \geq Mu = 22694100 \text{ Nmm ...OK}$$

- Jarak tulangan yang diperlukan

$$S = \frac{1000}{n-1} = \frac{1000}{5-1} = 250 \text{ mm}$$

- Kontrol Spasi Tulangan

- Kontrol Spasi Tulangan

$$S \geq 25 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.2})$$

$$S \leq (2h=280 \text{ mm}) \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 13.3.2})$$

$$S \leq (3h = 420 \text{ mm}) \text{ atau } 450 \text{ mm} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 7.6.5})$$

Maka dipasang tulangan utama D12 – 200 mm

Penulangan pelat yang akan dipasang/dipakai adalah dipilih penulangan yang paling banyak dari keadaan-keadaan diatas (keadaan sebelum komposit dan sesudah komposit) yaitu sebagai berikut :

Tabel 4. 11 Tulangan Terpasang pada Pelat

Tipe Pelat	Tulangan Terpasang (mm ²)	
	Tul. Pokok	Tul. Bagi
A (4,6 x 1,5m)	D12-150 As = 791 mm ²	D8-200 As = 251 mm ²

4.2.1.3 Penulangan Stud Pelat Lantai

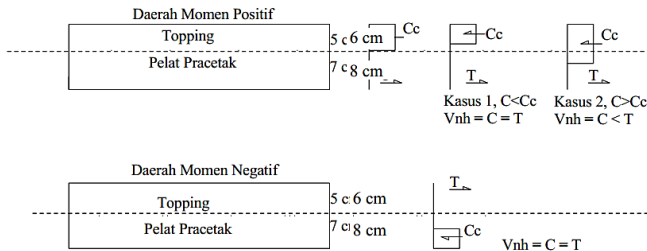
Pada perencanaan yang memakai elemen pracetak dan topping cor ditempat maka transfer gaya regangan horisontal yang terjadi harus dapat dipastikan mampu dipikul oleh seluruh penampang, baik oleh elemen pracetak maupun oleh topping cor ditempat. Untuk mengikat elemen pracetak dan elemen cor ditempat maka dipakai tulangan stud.

Stud ini berfungsi sebagai sengkang pengikat antar elemen sehingga mampu mentransfer gaya-gaya dalam yang bekerja pada penampang tekan menjadi gaya geser horisontal yang bekerja pada permukaan pertemuan antara kedua elemen komposit dalam memikul beban.

Dalam SNI disebutkan bahwa gaya geser horisontal bisa diperiksa dengan jalan menghitung perubahan aktual dari gaya tekan dan gaya tarik didalam sembarang segmen dan dengan menentukan bahwa gaya tersebut dipindahkan sebagai gaya geser horisontal elemen – elemen pendukung.

Gaya geser horisontal yang terjadi pada penampang komposit ada dua macam kasus :

- Kasus 1 : gaya tekan elemen komposit kurang dari gaya tekan elemen cor setempat
- Kasus 2 : gaya tekan elemen komposit lebih dari gaya tekan elemen cor setempat



Gambar 4. 3 Diagram Gaya Geser Horizontal Penampang Komposit Perhitungan stud pelat

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,85 f_c' A_{\text{topping}} \\
 &= 0,85 \times 40 \times 60 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm} \\
 &= 2040000 \text{ N} = 2040 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Dipakai stud $\varnothing 10 \text{ mm}$

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78,54$$

$$\begin{aligned}
 V_{nh} &= C = T \\
 &= A_s \times f_y \\
 &= 78,54 \times 420 = 32970 \text{ N} = 32,970 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,55A_c &= 0,55 \times b_v \times d \\
 &= 0,55 \times 1000 \times 114 \\
 &= 62700 \text{ N} = 62,7 \text{ KN} > V_{nh}
 \end{aligned}$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 17.5.3.1, Bila dipasang sengkang pengikat minimum sesuai dengan 17.6 dan bidang kontakannya bersih dan bebas dari serpihan tapi tidak dikasarkan, maka kuat geser V_{nh} tidak boleh diambil lebih dari $0,55 b_v d$ dalam Newton. Pasal 17.6.1 berbunyi bahwa bila sengkang pengikat dipasang untuk menyalurkan geser horisontal, maka luas sengkang pengikat tidak boleh kurang luas daripada luas yang diperlukan oleh 11.4.6.3, dan

spasi sengkang pengikat tidak boleh melebihi empat kali dimensi terkecil elemen yang didukung ataupun 600 mm.

SNI 2847:2013 Pasal 11.4.6.3 :

$$Av_{\min} = \frac{0,35 \times bw \times s}{f_y} = \frac{0,35 \times 1000 \times 200}{420} = 167 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang stud (*shear connector*) Ø10-250 mm ($Av = 314,16 \text{ mm}^2$)

4.2.1.4 Kontrol Lendutan

Tebal pelat yang dipakai lebih besar dari tabel minimum pelat seperti yang disyaratkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3, maka tidak perlu dilakukan control terhadap lendutan.

4.2.1.5 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat

Panjang penyaluran harus disediakan cukup untuk tulangan pelat sebelum dan sesudah komposit. Panjang penyaluran didasarkan pada SNI 2847:2013 :

- $Idh > 8 db = 8 \times 12 = 96 \text{ mm}$
(SNI 2847:2013 pasal 12.5.1)
- $Idh > 150 \text{ mm}$
(SNI 2847:2013 pasal 12.5.1)
- $Idh = \frac{0,24 \times \psi_e \times f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \times db = \frac{0,24 \times 1 \times 400}{1 \times \sqrt{30}} \times 12 = 210,33 \text{ mm}$
untuk $f_y = 420 \text{ Mpa}$ (SNI 2847:2013 pasal 12.5.2)

Maka dipakai panjang penyaluran 200 mm

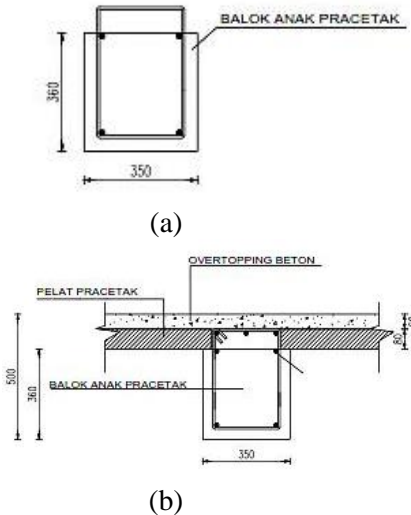
4.2.2 Perencanaan Balok Anak Pracetak

Pada perencanaan balok anak, beban yang diterima oleh balok anak berupa beban persegi biasa. Itu dikarenakan pelat pracetak hanya menumpu dua titik tumpu, titik tumpu pertama ada dibalok induk serta titik tumpu yang kedua berada di balok anak.

4.2.2.1 Data Perencanaan Balok Anak Pracetak

- Dimensi balok anak : $30 \times 40 \text{ cm}$
- Mutu beton (f_c') : 40 MPa
- Mutu baja (f_y) : 420 MPa
- Tulangan lentur : D 16
- Tulangan sengkang : D10

Dalam perhitungan bab ini, akan dilakukan perhitungan sebelum komposit dan perhitungan sesudah komposit. Berdasarkan kondisi tersebut maka terdapat dua dimensi balok anak yaitu dimensi sebelum komposit dan dimensi sesudah komposit.



Gambar 4. 4(a) Dimensi Balok Anak Sebelum Komposit, (b) Dimensi Balok Anak Saat Pengecoran dan Balok Anak Sesudah Komposit

4.2.2 3 Pembebanan Balok Anak Pracetak

Beban yang bekerja pada balok anak merupakan berat sendiri dari balok anak tersebut dan semua berat merata yang terjadi pada pelat termasuk berat sendiri pelat dan beban hidup merata yang berada diatas pelat. Distribusi beban pada balok pendukung sedemikian rupa sehingga dapat dianggap sebagai beban trapesium pada lajur yang panjang.

Beban – beban trapesium tersebut kemudian dirubah menjadi beban merata ekuivalen untuk mendapatkan momen maksimumnya. Untuk mempermudah pemahaman pembebanan pada balok anak berikut disajikan gambar distribusi beban yang bekerja pada balok anak.

4.2.2.3 Perhitungan Pembebanan Balok Anak

↪ Sebelum Komposit

$$L_x = 230 - (30/2 + 40/2) = 195 \text{ cm}$$

$$L_y = 500 - (40/2 + 40/2) = 450 \text{ cm}$$

- Beban mati (Q_{DL})

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,3 \text{ m} \times 0,36 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= 187 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q \text{ mati pelat sebelum komposit} = 192 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{sebelum komposit}} &= (qD_{\text{balok}}) + \left\{ 2 \times \left(\frac{1}{2} qD \times L_x \right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right) \right\} \\ &= 192 + \left\{ 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 192 \times 1,95 \right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{2}{4,5} \right)^2 \right) \right\} \\ &= 543,0 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Kombinasi beban

$$Q_u \text{ sebelum komposit}$$

$$Q_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

$$= 1,2 \times (543,0) + 1,6 \times 0$$

$$= 651,5584 \text{ kg/m}$$

↪ Sesudah Komposit

- Beban mati (Q_{DL})

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri balok anak} &= 0,30 \times 0,4 \times 2400 \text{ kg/m}^2 \\ &= 288 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$q \text{ pelat sesudah komposit} = 459 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{sesudah komposit}} &= (qD_{\text{balok}}) + \left\{ 2 \times \left(\frac{1}{2} qD \times L_x \right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{L_x}{L_y} \right)^2 \right) \right\} \\ &= 288 + \left\{ 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 459 \times 1,95 \right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,95}{4,5} \right)^2 \right) \right\} \\ &= 1127,0 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Beban hidup (Q_{LL})

$$\begin{aligned}
 Q_L &= 2 \times \left(\frac{1}{2} qL \times lx \right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{lx}{ly} \right)^2 \right) \\
 &= 2 \times \left(\frac{1}{2} \times 192 \times 1,95 \right) \times \left(1 - \frac{1}{3} \left(\frac{1,95}{4,5} \right)^2 \right) \\
 &= 351,0 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Kombinasi beban

Q_u sesudah komposit

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 1127 + 1,6 \times 351 \\
 &= 1913,87 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

5.2.4 Perhitungan Momen dan Geser

Perhitungan momen dan gaya lintang sesuai dengan ikhtisar momen – momen dan gaya melintang dari SNI 2847:2013 pasal 8.3.3.

↳ Momen Sebelum Komposit

Asumsi balok berada di atas 2 tumpuan sederhana (sendi-rol)

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 1/8 \times (651,55 \times 5^2) = 2036,1 \text{ kgm} \\
 V &= 1/2 \times (651,55 \times 5) = 407,22 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

↳ Momen Sesudah Komposit

$$\begin{aligned}
 M_{\max} &= 1/8 \times (2994,85 \times 5^2) = 5981,2 \text{ kgm} \\
 V &= 1/2 \times (2994,85 \times 5) = 4106 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.2.4 Perhitungan Tulangan Lentur Balok Anak

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi balok anak} &= 30/40 \\
 \text{Tebal selimut beton} &= 50 \text{ mm} \\
 \text{Diameter tulangan utama} &= 16 \text{ mm} \\
 \text{Diameter tulangan sengkang} &= 10 \text{ mm} \\
 \text{Mutu beton } (f'_c) &= 30 \text{ MPa} \\
 \text{Mutu baja } (f_y) &= 420 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{fy} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

↳ Perhitungan tulangan sebelum komposit

$$h \text{ efektif} = 400 - 50 - 10 - \frac{1}{2} (16) = 289 \text{ mm}$$

Penulangan Lentur

$$M_u = 2036,12 \text{ kgm} = 20361200 \text{ Nmm}$$

Dipakai koefisien faktor reduksi: $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{20361200}{0,9 \times 300 \times 289^2} = 0,68$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 4,42}{400}} \right) = 0,012$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,012 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

Tulangan lentur tarik

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,012 \times 300 \times 289 = 1040,4 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{ tulangan}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s\phi 16}}$$

$$= \frac{1040,4}{603} = 1,7 \approx 2 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 2D22 ($A_s = 603 \text{ mm}^2$)

Tulangan lentur tekan

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 603 = 301,44 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan 2D22 ($A_s = 402 > A_s'$) OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{603 \times 420}{(0,85 \times 40 \times 300)} = 25 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7}$$

$$= 0,85 - 0,005 \frac{(40 - 28)}{7}$$

$$= 0,84$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{24,8}{0,84} = 30$$

- Regangan Tarik

$$\varepsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (289 - 81,54)}{81,54} = 0,008 > \varepsilon_0 \text{ ...OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} M_{n \text{ rencana}} &= A_s \text{ pasang} \times f_y \times d - \frac{a}{2} \\ &= 603 \times 420 \times \left(289 - \frac{25}{2}\right) \\ &= 155049430,2 \text{ Nmm} = 15504,94 \text{ kgm} \end{aligned}$$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi M_{n \text{ rencana}} = 0,9 \times 15504,94 = 13954,45 \text{ kgm}$$

- Kontrol kekuatan lentur nominal reduksi terhadap momen ultimit

$$\phi M_{n \text{ rencana}} > M_u \rightarrow 13954,45 \text{ kgm} > 11629,74 \text{ kgm} \text{ ...OK}$$

↳ **Perhitungan tulangan sesudah komposit**

$$h \text{ efektif} = 400 - 50 - 10 - \frac{1}{2} (16) = 332 \text{ mm}$$

Penulangan Lentur

$$M_u = 5981,17 \text{ kgm} = 59811760,42 \text{ Nmm}$$

Dipakai koefisien faktor reduksi : $\phi = 0,9$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2} = \frac{59811760,42}{0,9 \times 300 \times 429^2} = 5,23$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,69} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,69 \times 5,23}{400}} \right) = 0,0057 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0057 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

Tulangan lentur tarik

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$0,0057 \times 300 \times 332 = 570,708 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 16}}}$$

$$= \frac{570,708}{200,96} = 2,8 \approx 3 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 3D16 ($A_s = 602 \text{ mm}^2$)

Tulangan lentur tekan

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 602 = 301,4 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

2D16 ($A_s = 401,9 > A_s'$) OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

- Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$l = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{2280,80 \times 400}{(0,85 \times 30 \times 350)} = 102,22 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(30 - 28)}{7} = 0,84$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{102,22}{0,84} = 122,32$$

- Regangan Tarik

$$\epsilon_0 = 0,003 \text{ berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 10.2.3}$$

- Regangan Tarik netto

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_0 \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (429 - 122,32)}{122,32} = 0,008 > \epsilon_0 \text{ ...OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$M_{n \text{ rencana}} = A_s \text{ pasang} \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$= 2280,8 \times 400 \times \left(429 - \frac{102,22}{2}\right)$$

$$= 344755784,6 \text{ Nmm} = 34475,58 \text{ kgm}$$

- Kekuatan lentur nominal reduksi

$$\phi M_{n \text{ rencana}} = 0,9 \times 34475,58 = 31028,02 \text{ kgm}$$

- Kontrol kekuatan lentur nominal reduksi terhadap momen ultimit

$$\phi M_{n \text{ rencana}} > M_u \rightarrow 31028,02 \text{ kgm} > 30322,8 \text{ kgm} \text{ ..OK}$$

4.2.2.5 Perhitungan Tulangan Geser

○ $V_u = 13476,82 \text{ kg}$

○ Sumbangan kekuatan geser beton :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f_c} \times b \times d = 0,17 \times \sqrt{40} \times 300 \times 429$$

$$= 138374 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75 \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.3})$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 138374 \text{ N} = 103781 \text{ N}$$

○ Cek kondisi penampang geser :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$13476,82 \text{ N} < 103781 \text{ N} \dots (\text{Tulangan Geser minimum})$$

Digunakan spasi tulangan geser praktis untuk daerah lapangan :

$$d/2 = 429/2 \text{ (SNI 2847 pasal 11.4.5.1)}$$

$$= 214 \approx 200 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } 2D10 - 200 \text{ mm } (A_v = 157 \text{ mm}^2)$$

Digunakan spasi tulangan geser maksimum untuk tumpuan :

$$d/4 = 429/4 \text{ (SNI 2847 pasal 11.4.5.1)}$$

$$= 107,25 \approx 100 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } 2D 10 - 100 \text{ mm } (A_v = 157 \text{ mm}^2)$$

Cek gaya geser perlawanan sengkang

$$V_s = A_v \times f_y \times d/s$$

$$= 157 \times 420 \times 429/100$$

$$= 282882 \text{ N}$$

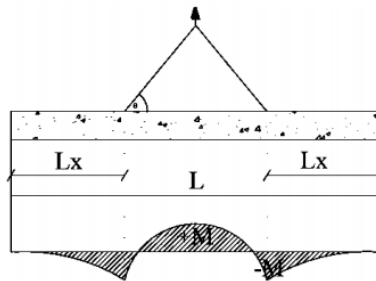
Syarat :

$$\phi(V_s + V_c) > V_u$$

$$561674,66 \text{ N} > 13476,82 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{Ok})$$

4.2.2.6 Pengangkatan Balok Anak

Balok anak dibuat secara pracetak di pabrik. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.



Gambar 4. 5 Momen Saat Pengangkatan Balok Anak

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Yb} \left(1 + \frac{4Y_c}{Lx \operatorname{tg} \theta} \right)} \right)}$$

↳ **Kondisi Sebelum Komposit**

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$L = 900 \text{ cm}$$

Perhitungan :

$$Y_t = Y_b = \frac{(50 - 14)}{2} = 18 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 35 \times 36^3 = 136080 \text{ cm}^4$$

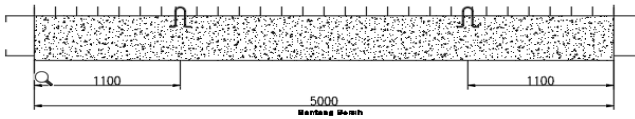
$$Y_c = Y_t + 3'' \rightarrow 3'' = 7,62 \text{ cm}$$

$$Y_c = 18 + 7,62 = 25,62 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 25,62}{500 \times \tan 45^\circ}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{18 \left(1 + \frac{4 \times 25,62}{500 \times \tan 45^\circ} \right)}{18}} \right)} = 0,227$$

$$X \times L = 0,227 \times 500 = 114,566 \text{ cm} = 1,15 \text{ m}$$

$$L - 2(X \times L) = 5 - 2(1,1) = 2,71 \text{ m}$$



Gambar 4. 6 Letak Titik Pengangkatan

a. Pembebanan

$$\text{Balok } (0,35 \times 0,36 \times 9 \times 2400) = 1296 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} T \sin \phi &= P = \frac{1,2 \times k \times W}{2} \\ &= \frac{1,2 \times 1,2 \times 1296}{2} \\ &= 933,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$T = \frac{933,12}{\sin 45^\circ} = 1096,6 \text{ kg}$$

b. Tulangan Angkat Balok Anak

$$P_u = 1296 \text{ kg}$$

Menurut PPBBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulangan mutu $f_y = 400 \text{ Mpa}$ adalah $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4200/1,5 = 2800 \text{ kg/m}^2$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{P_u}{\sigma_{\text{ijin}} \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{1296}{2800 \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,38 \text{ cm}$$

Digunakan Tulangan Ø 10 mm

c. Momen yang Terjadi

• Pembebanan

$$\text{Balok } (0,35 \times 0,36 \times 2400) = 302,4 \text{ kg/m}$$

Dalam upaya untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2 sebagai berikut:

• Momen lapangan

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \times \tan \theta} \right)$$

$$+M = \left(\frac{302,4 \times 9^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,227 + \frac{4 \times 0,2562}{9 \times \tan 45} \right) \right) \times 1,2$$

$$= 756,39 \text{ kgm}$$

Tegangan yang terjadi

$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{756,39 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 350 \times 360^2}$$

$$= 1,00 \text{ MPa} \leq f_r = 0,62 \sqrt{f_c'} = 3,396 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

• Momen tumpuan

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$-M = \left(\frac{302,4 \times 0,227^2 \times 9^2}{2} \right) \times 1,2 = 757,30 \text{ kgm}$$

Tegangan yang terjadi

$$f = \frac{M}{W_t} = \frac{757,30 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 350 \times 360^2}$$

$$= 1,00 \text{ MPa} \leq f_r = 0,62 \sqrt{f_c'} = 3,396 \text{ MPa} \dots \text{OK}$$

Dari perhitungan momen diatas, didapatkan nilai f_r akibat momen positif dan negatif berada dibawah nilai $f_{r_{ijin}}$ usia beton 3

hari. Jadi dapat ditarik kesimpulan, balok anak tersebut aman dalam menerima tegangan akibat pengangkatan.

5.2.8 Kontrol Lendutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013, syarat tebal minimum balok dengan dua tumpuan apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times lb$$

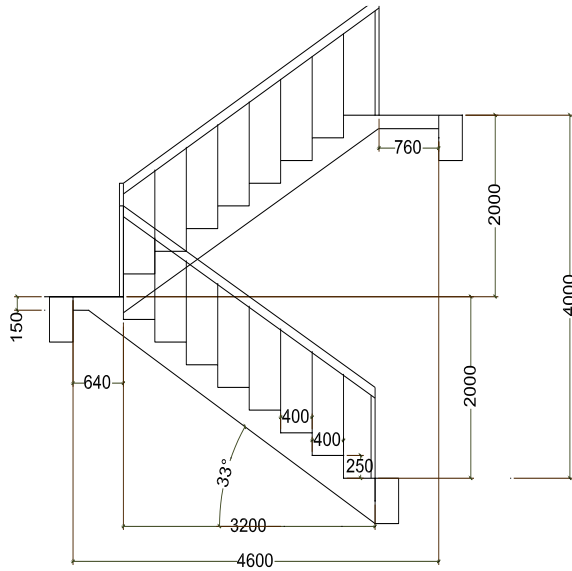
Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan h_{\min} .

4.2.3 Perencanaan Tangga

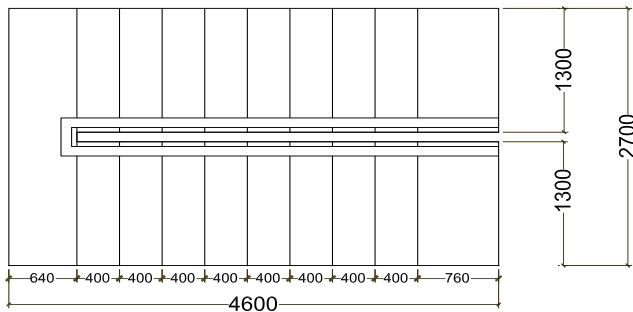
Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes). Struktur tangga ke atas dan ke bawah tipikal.

4.2.3.1 Data perencanaan

Pada sub bab ini akan dibahas perencanaan jenis tangga pada lantai 1, untuk lantai 2 sampai 11 nantinya akan disajikan dalam bentuk tabel. Data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan tangga lantai 1 adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 7 Tampak samping Tangga lantai 1



Gambar 4. 8 Denah tangga lantai 1

Detail perencanaan dapat dirinci sebagai berikut:

Mutu beton ($f'c$)	= 40 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 420 Mpa
Tebal pelat bordes	= 15 cm
Tinggi bordes	= 2 m
Lebar bordes	= 0,64 m
Lebar injakan (b_i)	= 40 cm
Tinggi injakan (i)	= 25 cm
Lebar tangga	= 1,3 m

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pelat tangga} &= 15 \text{ cm} \\
 \text{Panjang horizontal} &= 3,2 \text{ m} \\
 \text{Sudut kemiringan } (\alpha) &= 33^\circ \text{ (Berdasarkan Autocad)} \\
 \text{Tebal pelat rata-rata} &= \frac{bi}{2} \times \sin \alpha = \frac{40}{2} \times \sin 33^\circ \\
 &= 19,929 \text{ cm} \\
 \text{Tebal efektif} &= \text{tebal pelat} + \text{tebal rata-rata} \\
 &= 15 + 19,929 = 34,998 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4.2.3.2 Pembebanan

Beban mati pada tangga dan bordes berdasarkan PPIUG 1983, untuk beban hidup yang bekerja pada pelat tangga dan bordes berdasarkan PPIUG 1983 tabel 3.1 adalah sebesar 300 kg/m². Beban pada tangga disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. 12 Pembebanan pada pelat tangga

Jenis beban	Tebal m	BV kg/m ³	BL kg/m ²	sudut	N	Berat kg/m ²
pelat	0,26028534	2400		32	1	748,82
		$\cos \alpha$				
spesi 2 cm			21		2	42
keramik			24		1	24
qD						814,82
qL						300

Kombinasi beban:

$$\begin{aligned}
 \text{Qu1} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 1,2 \times 814,82 + 1,6 \times 300 \\
 &= 1457,8 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk beban pada pelat bordes dapat dilihat pada tabel berikut:

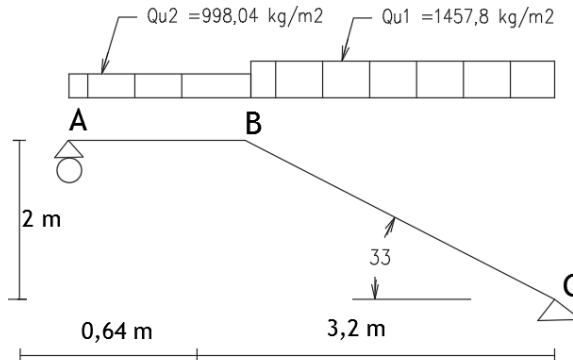
Jenis beban	Tebal m	BV kg/m ³	BL kg/m ²	sudut	N	Berat kg/m ²
pelat	0,15	2400		2400	1	365,7
spesi 2 cm			21		2	42
keramik			24		1	24
qD						431,7
qL						300

Kombinasi beban:

$$\begin{aligned}
 \text{Qu2} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} = 1,2 \times 431,7 + 1,6 \times 300 \\
 &= 998,04 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4.2.3.3 Perhitungan Reaksi Gaya Dalam

Setelah merencanakan ukuran pelat dan didapatkan beban yang bekerja pada tangga maka dilakukan perhitungan terhadap gaya dalam yang timbul akibat beban yang bekerja. Permodelan pada tangga untuk menghitung gaya dalam dimodelkan sebagai perletakan sendi pada ujung pelat tangga dan rol pada ujung pelat bordes dengan pelat tangga sebagai bidang miring.



Gambar 4. 9 Pemodelan Tangga

Dengan asumsi perletakan sendi-rol pada Gambar diatas, perhitungan reaksi pada tangga dapat dilakukan dengan analisa stastis tertentu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} qU1 &= 1457,8 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 1457,8 \text{ kg/m} \\ qU2 &= 998,04 \text{ kg/m}^2 \times 1 \text{ m} = 998,04 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\bullet \quad \Sigma M_A = 0$$

$$R_c.LAC - qU2.\frac{1}{2}.LAB^2 - qU1.LBC.(\frac{1}{2}.LBC + LAB) = 0$$

$$R_c = \frac{qU2.\frac{1}{2}.LAB^2 + qU1.LBC.(\frac{1}{2}.LBC + LAB)}{LAC}$$

$$R_c = \frac{998.\frac{1}{2}.1^2 + 1457.3.2.(\frac{1}{2}.3.2 + 1)}{4,2} = 2774 \text{ kg}$$

$$\bullet \quad \Sigma M_C = 0$$

$$R_a.LAC - qU1.\frac{1}{2}.LBC^2 - qU2.LAB.(\frac{1}{2}.LAB + LBC) = 0$$

$$R_a = \frac{qU1.\frac{1}{2}.LBC^2 + qU2.LAB.(\frac{1}{2}.LAB + LBC)}{LAC}$$

$$R_a = \frac{1457.\frac{1}{2}.3.2^2 + 998.1.(\frac{1}{2}.1 + 3.2)}{4,2} = 2529 \text{ kg}$$

- Kontrol

$$\Sigma V = 0$$

$$R_a + R_c - qU1.LBC - qU2.LAB = 0$$

$$2529 + 2774 - 1457 \times 3,2 - 998 \times 1 = 0$$

$$0 = 0 \dots \dots (\text{OK})$$

- Bidang M

$$M_a = 0$$

$$\begin{aligned} M_b \text{ kiri} &= R_a.LAB - \frac{1}{2} \cdot qU2.LAB^2 \\ &= 2529 - \frac{1}{2} \cdot 998 \cdot 1^2 = 1414 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_{\text{maks}} \rightarrow D_x = 0$$

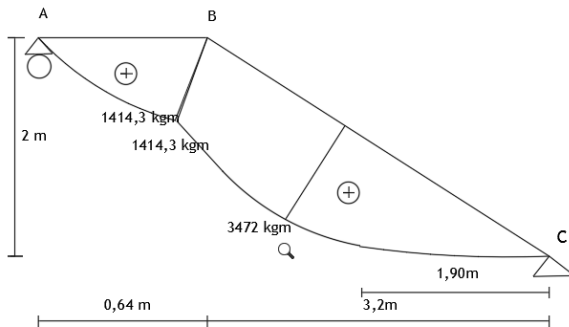
$$R_c - qU1.X1 = 0$$

$$X1 = R_c/qU1 = 2774/1457 = 1,90 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= R_c.X1 - \frac{1}{2} \cdot qU1.X1^2 \\ &= 2774 \cdot 1,9 - \frac{1}{2} \cdot 1457 \cdot 1,9^2 = 3472 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_b \text{ kanan} &= R_c.LBC - \frac{1}{2} \cdot qU1.LBC^2 \\ &= 2774 \cdot 3,2 - \frac{1}{2} \cdot 1457 \cdot 3,2^2 = 1414 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

$$M_c = 0$$



Gambar 4. 10 Bidang M pada tangga

4.2.3.4 Penulangan Tangga

Pada perhitungan penulangan untuk pelat tangga digunakan penulangan secara tipikal dengan mengambil gaya-gaya yang terbesar yang terjadi antara tangga lantai 1 dan tangga lantai dasar. Sebelum menghitung tulangan lentur hendaknya lebih dahulu ditentukan batasan nilai ρ (rasio tulangan) yang akan digunakan dengan data-data perancangan yang ada. Berikut data perencanaan tangga.

Mutu beton ($f'c$)	= 40 Mpa
Mutu baja (f_y)	= 420 Mpa
D lentur	= 13 mm
Ø Susut	= 8 mm
decking	= 30 mm
h pelat	= 150 mm
d tangga	= h – decking - $\frac{1}{2}$ D
	= 150 – 30 - $\frac{1}{2}$ 13 = 113,5 mm
Momen maks	= 3472,7 kg.m

Penulangan lentur

$$\phi = 0,9 \text{ (SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.2)}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{3472 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 113,5^2} = 2,99$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 2,99}{420}} \right) = 0,0074$$

$$\rho_{\min} = 1,4/f_y = 1,4/420 = 0,0033$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0074$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,0090 \times 1000 \times 113,5$$

$$= 848,6 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,75 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak} = 1000 : \left(\frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \right) = 1000 : \left(\frac{1078,5}{132,6} \right)$$

$$= 156,32 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

$$S_{\text{tul}} \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \quad (\text{Ok})$$

$$S_{\text{tul}} \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Ok})$$

Maka digunakan tulangan lentur D13 – 100 mm

$$\text{Sehingga } A_s \text{ pakai} = \frac{1000}{100} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 1326,7 \text{ mm}^2$$

Penulangan Susut

Penulangan susut tangga digunakan tulangan minimum berdasarkan SNI 2847 2013 rasio tulangannya sebesar 0,0020.

$$A_{s\text{perlu}} = \rho_{\min} \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 113,5 = 227 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak} &= 1000 : \left(\frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \right) = 1000 : \left(\frac{227}{50,24} \right) \\ &= 221 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan susut D10 – 200 mm

4.2.3.5 Penulangan pelat bordes

Pada penulangan pelat bordes dilakukan dengan langkah-langkah yang sama seperti penulangan pelat tangga. Berikut data perencanaannya:

$$\begin{aligned} \text{Mutu beton (f'c)} &= 40 \text{ Mpa} \\ \text{Mutu baja (fy)} &= 420 \text{ Mpa} \\ \text{D lentur} &= 13 \text{ mm} \\ \text{D Susut} &= 10 \text{ mm} \\ \text{decking} &= 40 \text{ mm} \\ \text{h pelat} &= 150 \text{ mm} \\ \text{d tangga} &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} D \\ &= 150 - 40 - \frac{1}{2} 13 = 106,5 \text{ mm} \\ \text{Momen b} &= 1414 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Penulangan lentur

$$\begin{aligned} \phi &= 0,9 \text{ (SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.2)} \\ R_n &= \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{2397 \times 10^4}{0,9 \times 1000 \times 253,5^2} = 2,07 \\ m &= \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 15,68 \\ \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,68} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 15,68 \times 2,07}{420}} \right) = 0,0054 \\ \rho_{\text{min}} &= 1,4/fy = 1,4/420 = 0,0033 \\ \rho_{\text{pakai}} &= 0,0054 \\ A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d = 0,0054 \times 1000 \times 253,5 \\ &= 274,36 \text{ mm}^2 \\ A_s \text{ tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 132,6 \text{ mm}^2 \\ \text{Jarak} &= 1000 : \left(\frac{A_s \text{ perlu}}{A_s \text{ tulangan}} \right) = 1000 : \left(\frac{274,36}{132,6} \right) \\ &= 179,9 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan :

$$S.tul \leq 2h = 2 \times 150 = 300 \text{ mm} \quad (\text{Ok})$$

$$S.tul \leq 450 \text{ mm} \quad (\text{Ok})$$

Maka digunakan tulangan lentur D13 – 200 mm

$$\text{Sehingga } A_{s \text{ pakai}} = \frac{1000}{100} \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 1326,7 \text{ mm}^2$$

Penulangan Susut

Penulangan susut tangga digunakan tulangan minimum berdasarkan SNI 2847 2013 rasio tulangannya sebesar 0,0020.

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho_{\min} \times b \times d = 0,002 \times 1000 \times 113,5 = 227 \text{ mm}^2$$

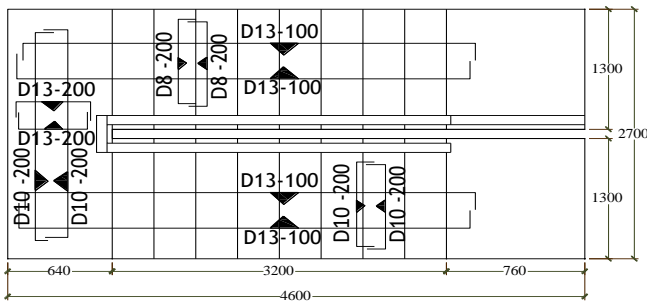
$$A_{s \text{ tulangan}} = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 50,24 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak} = 1000 : \left(\frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ tulangan}}} \right) = 1000 : \left(\frac{227}{50,24} \right)$$

$$= 221 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

Maka digunakan tulangan susut $\phi 8$ – 200 mm

Berikut Gambar penulangan pada tangga:



Gambar 4. 11 Penulangan Tangga

Untuk jenis penulangan jenis tangga yang lain dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 13 Tabel penulangan pelat tangga

Tangga lt Basement	Pelat tangga	Lentur	D	13	-	100
		susut	D	10	-	200
	Pelat bordes	lentur	D	13	-	200
		susut	D	10	-	200
tangga lt 1-15	Pelat tangga	Lentur	D	13	-	100
		susut	D	10	-	200
	Pelat bordes	Lentur	D	13	-	100
		susut	D	10	-	200

4.2.3.6 Perencanaan Balok Bordes

Pemilihan perancangan tangga sangat bergantung pada asumsi permodelan struktur yang digunakan pada saat perhitungan dan pelaksanaan yang dilakukan di lapangan. Apabila tangga direncanakan dengan tumpuan perletakan sederhana sendi rol maka diperlukan adanya balok bordes pada dinding guna memikul tumpuan pelat tangga dan bordes. Pada perencanaan kali ini balok bordes direncanakan 1 tipe. Untuk data-data perencanaannya adalah sebagai berikut :

h bordes = 30 cm
 b bordes = 20 cm
 f'_c = 40 Mpa
 f_y = 420 Mpa
 L = 4,334 m
 D utama = 13 mm
 \emptyset Sengkang = 10 mm
 Decking = 40 mm
 d bordes = $h - \text{decking} - \emptyset - \frac{1}{2} D = 300 - 40 - 10 - \frac{1}{2} \cdot 13$
= 253,5 mm

Pada pembebanan bordes selain berat mati sendiri dan berat dinding juga ditambahkan reaksi perletakan pada tangga :

Tabel 4. 14 Pembebanan bordes

Jenis beban	Dimensi (m)		BV	BL	N	Berat
	h	b	kg/m ³	kg/m ²		kg/m
Balok dinding	0,3	0,2	2400		1	144
	2,25			250	1	562,5
qD						706,5

$$Ra = 2529/L = 2529/4,334 = 583,57 \text{ kg/m}$$

$$qU = 1,2 \text{ DL} + Ra = 1,2 \times 706,5 + 583,57 = 1431 \text{ kg/m}$$

Perhitungan momen positif lapangan berdasarkan SNI 2847 2013 pasal 8.3.3 dimana balok bordes diasumsikan ujung tak menerus menyatu dengan tumpuan.

$$\begin{aligned} Mu &= (1/14) \times qU \times L^2 = (1/14) \times 1431 \times 4,334^2 \\ &= 1920,4 \text{ kg.m} \end{aligned}$$

Penulangan lentur

$$\phi = 0,9 \text{ (SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.2)}$$

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{1920 \times 10^4}{0,9 \times 200 \times 253^2} = 1,66$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,353$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 1,66}{420}} \right) = 0,0040 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} = 1,4/fy = 1,4 / 420 = 0,0033$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0059$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\ &= 0,0041 \times 200 \times 253 \\ &= 205,56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 \\ &= 132,6 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ tulangan} \\ &= 205,56 / 132,6 \\ &= 1,55 \approx 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan : $S > 25 \text{ mm}$ (SNI 2847 2013 pasal 7.6.1)

$$\text{Jarak} = \frac{b - 2x \text{ decking} - 2xD - 2x\phi}{n - 1}$$

$$= \frac{200 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 8}{3 - 1}$$

$$= 74 \text{ mm} > 25 \text{ mm (Ok)}$$

Maka dipasang tulangan 2D13 ($A_{s\text{pasang}} = 398 \text{ mm}^2$).

Untuk A_s' lentur tekan dipakai $\frac{1}{2} A_s$ tarik.

$$A_s' = 398/2 = 199 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s\text{ perlu}} / A_{s\text{ tulangan}} = 199/132,6$$

$$= 1,5 \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan 2D13 ($A_{s\text{pasang}} = 265,33 \text{ mm}^2$).

Penulangan Geser

$$\begin{aligned} \circ \quad V_u &= \frac{1}{2} \times q_u \times L = \frac{1}{2} \times 1381 \text{ kg/m} \times 4,975 \text{ m} \\ &= 3101,7 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Sumbangan kekuatan geser beton :

$$\begin{aligned} V_c &= 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d \\ &= 0,17 \times \sqrt{40} \times 200 \times 253,5 \\ &= 54511 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.3)}$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \times 47208 \text{ N} \\ &= 40883 \text{ N} \end{aligned}$$

- Cek kondisi penampang geser :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$38768 \text{ N} < 20442 \text{ N} \dots (\text{Tulangan Geser minimum})$$

- Digunakan spasi tulangan geser praktis

$$\begin{aligned} d/2 &= 253,5/2 \text{ (SNI 2847 pasal 11.4.5.1)} \\ &= 126,75 \approx 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Dipakai 2 D10 - 120 mm (} A_v = 157 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Cek gaya geser perlawanan sengkang

$$\begin{aligned} V_s &= A_v \times f_y \times d/s \\ &= 157 \times 420 \times 253,5/120 \\ &= 139298 \text{ N} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\phi(V_s + V_c) > V_u$$

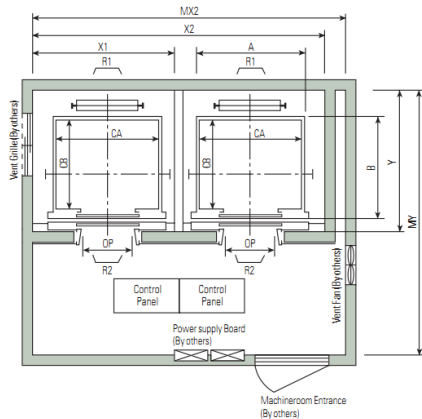
$$145357, \text{N} > 31017 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{Ok})$$

4.2.4 Perencanaan Balok Lift

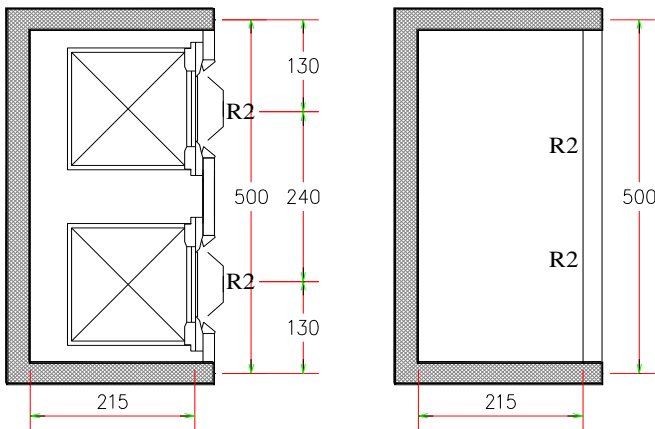
4.2.4 .1 Data Perencanaan

Pada perancangan lift ini meliputi balok – balok yang berkaitan dengan ruang mesin lift. Untuk lift pada bangunan ini menggunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Hyundai. Seperti diperlihatkan pada data-data berikut ini:

Merk	= Hyundai Elevator
Kecepatan	= 1,75 m/s
Kapasitas	= 15 orang (1000 kg)
Lebar pintu (OP)	= 900 mm
Dimensi sangkar (car size):	
Outside	= 1660 x 1655
Inside	= 1600 x 1500
Hoistway	= 2050 x 2150
Beban ruang mesin :	
R1	= 5450 kg
R2	= 4300 kg



Gambar 4. 12 Denah lift



Gambar 4. 13 Denah balok lift pada shearwall

Data desain balok lift :

Bentang = 5 m

$h \text{ balok} = L/12 = 500/12$

$= 41,66 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm}$

$b \text{ balok} = h/2 = 50/2 = 25 \text{ cm}$

mutu beton (f'_c) = 40 Mpa

mutu baja (f_y) = 420 Mpa

D utama = 16 mm

\emptyset sengkang = 10 mm

decking = 40 mm

$d = 452 \text{ mm}$

$\phi = 0,9$ (SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.2)

Pembebanan :

Berat balok = $0,25 \times 0,5 \times 2400 = 300 \text{ kg/m}^2$

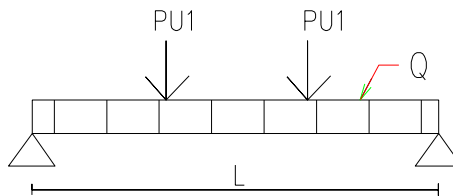
Berdasarkan PPIUG 1983 pasal 3.3 menyatakan bahwa keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri dan berat beban yang diangkatnya yang sudah dikalikan suatu koefisien kejut sebagai berikut:

$\Psi = 1 + k_1 \times k_2 \times v \geq 1,15$

Dimana:

$\Psi =$ (koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15)

$$\begin{aligned}
 k_1 &= 0,6 \text{ (koefisien yang tergantung pada kekuatan struktur keran induk)} \\
 k_2 &= 1,3 \text{ (koefisien yang tergantung pada sifat-sifat mesin dari keran angkatnya)} \\
 v &= 1 \text{ (kecepatan angkat maksimum, tidak perlu diambil lebih dari 1 m/s)} \\
 \Psi &= 1 + k_1 \times k_2 \times v \geq 1,15 \\
 &= 1 + 0,6 \times 1,3 \times 1 \geq 1,15 \\
 &= 1,78 \geq 1,15 \text{ (Ok)} \\
 PU1 &= \Psi \times R_2 = 1,78 \times 4300
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 14 Ilustrasi pembebanan balok lift

Analisis gaya dalam balok lift :

Dalam mencari gaya dalam balok lift digunakan program bantu ETABS 2016 sehingga didapatkan gaya dalam sebagai berikut:

$$Mu = 11728,4 \text{ kg.m}$$

$$Vu = 9009,0 \text{ kg}$$

Penulangan Lentur

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{11728,6 \times 10^4}{\phi \cdot b \cdot d^2} = 2,55$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot f'rc} = \frac{420}{0,85 \cdot 40} = 12,35$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 2,5}{420}} \right) = 0,0063
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{min}} &= 1,4/fy \\
 &= 1,4/420 = 0,0033
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0063$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ perlu} &= \rho_{\text{pakai}} \times b \times d \\
 &= 0,0056 \times 250 \times 452
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 714,34 \text{ mm}^2 \\
 A_s \text{ tulangan} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 \\
 &= 200,96 \text{ mm}^2 \\
 n &= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ tulangan} \\
 &= 714 / 200,96 \\
 &= 3,55 \approx 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Kontrol jarak spasi tulangan : $S > 25 \text{ mm}$ (SNI 2847 2013 pasal 7.6.1)

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak} &= \frac{b - 2x_{\text{decking}} - 2x_D - 2x_{\emptyset}}{n - 1} = \frac{250 - 2 \times 40 - 2 \times 16 - 2 \times 10}{4 - 1} \\
 &= 39,3 \text{ mm} > 25 \text{ mm (Ok)}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan 4D16 ($A_{s\text{pasang}} = 803,8 \text{ mm}^2$).

Untuk A_s' tekan dipakai $\frac{1}{2}$ A_s tarik

$$\begin{aligned}
 A_s' &= 803,8 / 2 = 401,92 \text{ mm}^2 \\
 n &= A_s \text{ perlu} / A_s \text{ tulangan} = 401,92 / 200,96 \\
 &= 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan 2D16 ($A_{s\text{pasang}} = 401,9 \text{ mm}^2$).

Kontrol penggunaan faktor reduksi :

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{A_s' x f_y}{0,85 x f'c x b} \\
 &= \frac{803,8 x 420}{0,85 x 40 x 250} \\
 &= 39,71 \text{ mm} \\
 \beta &= 0,85 - 0,05 x \frac{f'c - 28}{7} \\
 &= 0,85 - 0,05 x \frac{40 - 28}{7} \\
 &= 0,76
 \end{aligned}$$

Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{\alpha}{\beta} = \frac{39,71}{0,76} = 51,96 \text{ mm}$$

syarat berdasarkan SNI 2847 2013 gambar S9.3.2

$$c \leq 0,375 d = 0,375 \times 452 = 169,5 \text{ mm}$$

$$51,97 \text{ mm} \leq 169,5 \text{ mm (Ok)}$$

Kontrol kekuatan lentur nominal rencana :

$$\begin{aligned}
 M_{n \text{ rencana}} &= A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{\alpha}{2} \right) \\
 &= 803,8 \cdot 420 \cdot \left(452 - \frac{39,71}{2} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 14589,61 \text{ kg.m}$$

$$\phi M_{n \text{ rencana}} = 0,9 \times 14589,61 = 13130,65 \text{ kg.m}$$

syarat :

$$\phi M_{n \text{ rencana}} > M_u$$

$$13130,65 \text{ kgm} > 11728,41 \text{ kgm (Ok)}$$

Penulangan Geser

$$\circ V_u = 9090,0 \text{ kg}$$

○ Sumbangan kekuatan geser beton :

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times b \times d = 0,17 \times \sqrt{40} \times 250 \times 452 \\ = 121494 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75 \quad (\text{SNI 2847 2013 pasal 9.3.2.3})$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 121494 \text{ N} = 91121,03 \text{ N}$$

○ Cek kondisi penampang geser :

$$V_u \leq \phi V_c$$

$$9090,0 \text{ N} > 91121 \text{ N} \dots (\text{Perlu tulangan Geser})$$

Digunakan spasi tulangan geser praktis untuk daerah lapangan sesuai SNI 2847 pasal 11.4.5.1:

$$d/2 = 452/2 \text{ (SNI 2847 pasal 11.4.5.1)} \\ = 226 \approx 200 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } 2 \text{ } \phi 10 - 200 \text{ mm (} A_v = 157 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Digunakan spasi tulangan geser maksimum untuk tumpuan sesuai SNI 2847 pasal 21.5.3.2 :

$$d/4 = 452/4 \text{ (SNI 2847 pasal 11.4.5.1)} \\ = 113 \approx 100 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } 2 \text{ } \phi 10 - 100 \text{ mm (} A_v = 157 \text{ mm}^2 \text{)}$$

Cek gaya geser perlawanan sengkang

$$V_s = A_v \times f_y \times d/s = 157 \times 420 \times 452/100 \\ = 149024 \text{ N}$$

Syarat :

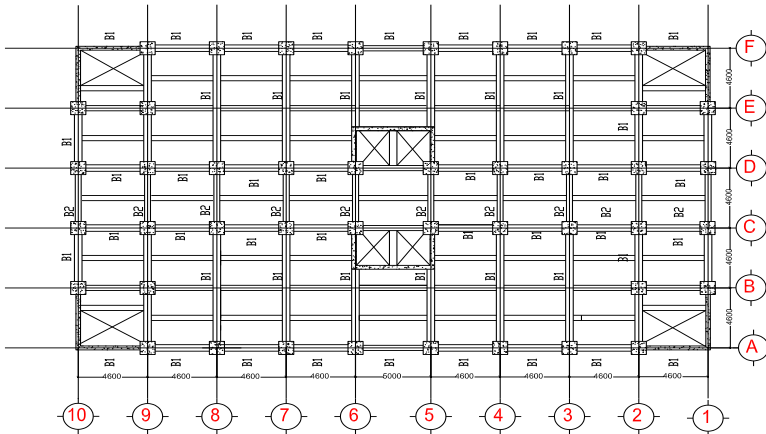
$$\phi(V_s + V_c) > V_u$$

$$202889,33 \text{ N} > 90090 \text{ N} \dots \dots \dots (\text{Ok})$$

4.3 Pemodelan Struktur

Struktur yang direncanakan adalah gedung hotel yang terdiri dari 15 lantai dan 1 basement dengan total tinggi struktur 66 meter.

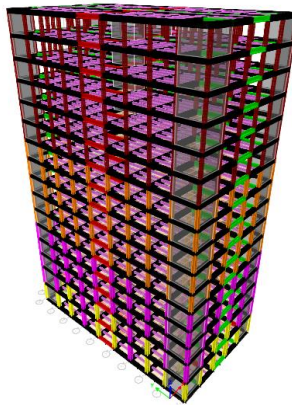
Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut.



Gambar 4. 15 Denah Struktur Apartemen GRAND KAMALA LAGOON BEKASI

Permodelan struktur gedung Apartemen GRAND KAMALA LAGOON BEKASI dilakukan menggunakan program bantu ETABS 2016. Pada program ETABS 2016, struktur ini akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI 1726:2012 (Gempa).

Berikut adalah pemodelan yang sudah dilakukan dalam program ETABS 2016 :



Gambar 4. 16 Pemodelan 3D Struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon

4.3.1 Perhitungan Berat Struktur

Data perencanaan struktur seperti data luas lantai, tinggi struktur, panjang balok induk, dan balok anak merupakan data data yang diperlukan dalam perhitungan berat struktur.

4.3.1.1 Berat Total Bangunan

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur Apartemen Grand Kamala Lagoon yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 80% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis menggunakan program ETABS 2016 untuk kombinasi 1D + 1L.

4.3.1.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar

akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 1726:2012 bangunan tahan gempa sebagai berikut

- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 1,0 LL + 1,0E
- 1,2 DL + 1,0 LL - 1,0E
- 0,9 DL + 1E
- 0,9 DL - 1E

Keterangan:

DL : beban mati

LL : beban hidup

E : beban gempa

4.3.2 Analisis Beban Seismik

Pada struktur gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon ini mempunyai jumlah lantai 15 tingkat dengan ketinggian 66 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 1726:2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

4.3.2.1 Arah pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

4.3.2.2 Faktor Keutamaan (I_e)

Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan

dengan suatu faktor keutamaan I_e . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan hotel (penginapan). Pada Tabel 1 SNI 1726:2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai $I_e = 1,0$.

4.3.2 .3 Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs SE) :

- $PGA = 0,325$
- $S_s = 0,663$
- $S_1 = 0,247$
- $CR_s = 0,991$
- $CR_1 = 0,929$
- $FPGA = 1,124$
- $Fa = 1,374$
- $Fv = 3,012$
- $S_{MS} = 0,911$
- $PSA = 0,366$
- $S_{M1} = 0,744$
- $S_{DS} = 0,607$
- $S_{D1} = 0,496$
- $T_0 = 0,163$
- $T_s = 0,817$

4.3.2 .4 Kategori Desain Seismik (KDS)

Semua struktur harus ditetapkan kategori desain seismik-nya berdasarkan kategori risikonya dan parameter respons spektral percepatan desainnya, S_{DS} dan S_{D1} . Masing-masing bangunan dan struktur harus ditetapkan ke dalam kategori desain seismik yang lebih parah, dengan mengacu pada SNI 1726:2012 tabel 6 atau 7.

Gedung ini termasuk kategori risiko II dimana nilai parameter $S_{DS} = 0,607$ ($0,50 \leq S_{DS}$) dan $S_{D1} = 0,496$ ($0,20 \leq S_{D1}$). Sehingga kategori desain seismik berdasarkan data tersebut adalah termasuk dalam kategori desain seismik D

4.3.2.5 Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini menggunakan material beton bertulang dan direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen – Rangka beton bertulang pemikul momen khusus (SRPMK). Berdasarkan tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi (C_d) = 5,5 nilai koefisien modifikasi respon (R) = 8 dan nilai faktor kuat lebih sistem (Ω) = 3.

4.3.3. Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu ETABS 2016, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 1726:2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut:

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.

4.3.3.1 Kontrol Partisipasi Massa

Menurut SNI 1726:2012 pasal 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah.

Dalam hal ini digunakan bantuan program ETABS 2016 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada tabel berikut

Tabel 4. 15 Rasio Partisipasi Massa Apartemen Grand Kamala Lagoon

Case	Mode		Period	Sum UX	Sum UY
			sec		
Modal	1		1,569	0,6779	9,43E-06
Modal	2		1,46	0,6779	0,6708
Modal	3		1,06	0,6779	0,6709
Modal	4		0,388	0,8603	0,6709

Modal	5	0,344	0,8603	0,8667
Modal	6	0,242	0,8603	0,8667
Modal	7	0,173	0,9239	0,8667
Modal	8	0,153	0,9239	0,9303

Dari tabel di atas, didapat partisipasi massa arah X sebesar 92% pada moda ke 7 dan partisipasi massa arah Y sebesar 93% pada moda ke 8. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

4.3.3.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 1726:2012, perioda fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T_a = C_t \times h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai S_{D1} .

Struktur gedung Swiss Belhotel memiliki tinggi dari lantai dasar hingga atas gedung adalah 54 m. Pada struktur ini digunakan tipe struktur rangka beton pemikul momen sehingga pada Tabel 15 SNI 1726:2012 didapatkan nilai:

$$C_t = 0,0466^a$$

$$x = 0,9$$

$$h_n = 66 \text{ m}$$

maka:

$$T_a = 0,0466 \times 66^{0,9} = 1,582 \text{ s}$$

Nilai $C_u = 1,4$ didapat dari Tabel 14 SNI 1726:2012, untuk nilai $S_{D1} = 0,496$, maka:

$$T = C_u \times T_a = 1,4 \times 1,582 = 2,36 \text{ s}$$

Dari hasil analisa ETABS 2016 didapat:

Tabel 4. 16 Perioda dan Frekuensi Struktur

Case	Mode	Period
		sec
Modal	1	1,569
Modal	2	1,46
Modal	3	1,06
Modal	4	0,388
Modal	5	0,344

Dari tabel di atas didapat $T = 1,569$ s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai T masih lebih kecil dari $C_u \times T_a$. Jadi analisis struktur gedung Grand Kamala Lagoon masih memenuhi syarat SNI 1726:2012 Pasal 7.8.2.

4.3.3.3. Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 1726:2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah:

$$V = C_s \times W \quad (\text{SNI 1726:2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana:

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,607}{\left(\frac{7}{1}\right)} = 0,087$$

Nilai C_s di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T \left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,556}{2,37 \left(\frac{7}{1}\right)} = 0,0506$$

Maka diambil $C_s = 0,0506$

Dan tidak lebih kecil dari:

$$\begin{aligned} C_s &= 0,044 \times S_{DS} \times I_e \\ &= 0,044 \times 0,607 \times 1 \\ &= 0,0506 > 0,01 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

Maka diambil nilai $C_s = 0,0506$

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur gedung Grand Kamala Lagoon adalah 124086,952 kg

$$\begin{aligned} V_{statik} &= C_s \times W \\ &= 0,0506 \times 124086,952 \\ &= 6281,739 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari hasil analisis menggunakan program ETABS 2016 didapatkan nilai gaya geser dasar (*base shear*) sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Gaya Geser Dasar akibat Beban Gempa

QUAKE X Max	9023,3267	2876,8778
QUAKE Y Max	2707,1251	9589,1942

Kontrol:

- Untuk gempa arah X:

$$\begin{aligned} V_{dinamik} &\geq 85\% V_{Statik} \\ 9023,32 &\geq 85\% \times 6750,719 \\ 9023,32 &\geq 5738,11 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

- Untuk gempa arah Y:

$$\begin{aligned} V_{dinamik} &\geq 85\% V_{Statik} \\ 323715,04 &\geq 85\% \times 6281,74 \\ 323715,04 &\geq 5339,479 \text{ kg (OK)} \end{aligned}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur Grand Kamala Lagoon masih memenuhi persyaratan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.

4.3.3.4 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus:

$$\Delta_I \leq \Delta_a$$

Dimana:

Δ_I = Simpangan yang terjadi

Δ_a = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 1:

$$\Delta_1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I}$$

Perhitungan Δ_i untuk tingkat 2:

$$\Delta_2 = \delta_{e2} - \delta_{e1} \times \frac{C_d}{I}$$

Dimana:

δ_{e1} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

δ_{e2} = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2

C_d = Faktor pembesaran defleksi

I = Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka beton bertulang pemikul momen khusus, dari tabel 9 SNI 1726:2012 didapatkan nilai $C_d = 5,5$ dan dari tabel 2 SNI 1726:2012 didapat nilai $I = 1$. Dari tabel 16 SNI 1726:2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah:

$$\Delta_a = 0,020 \times h_{sx}$$

Dimana:

h_{sx} = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 5 m, simpangan ijinnya adalah:

$$\Delta_a = 0,02 \times 5$$

$$= 0,1 \text{ m}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

- Untuk tinggi tingkat 4 m, simpangan ijinnya adalah:

$$\Delta_a = 0,02 \times 4$$

$$= 0,08 \text{ m}$$

$$= 80 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program ETABS 2016, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Kontrol Simpangan Arah X dan Arah Y Terbesar

Lantai	Tinggi Lantai (m)	Elevasi (m)	Total Drift (mm)	Perpindahan (mm)	Story Drift (mm)	Story Drift Izin Δ_s (mm)	Cek
Story16	4	61	44	3,00	16,50	80	Oke
Story15	4	57	41	3,20	17,60	80	Oke
Story14	4	53	37,8	3,20	17,60	80	Oke
Story13	4	49	34,6	3,20	17,60	80	Oke
Story12	4	45	31,4	3,30	18,15	80	Oke
Story11	4	41	28,1	3,40	18,70	80	Oke
Story10	4	37	24,7	3,30	18,15	80	Oke
Story9	4	33	21,4	3,20	17,60	80	Oke
Story8	4	29	18,2	3,20	17,60	80	Oke
Story7	4	25	15	3,00	16,50	80	Oke
Story6	4	21	12	2,80	15,40	80	Oke
Story5	4	17	9,2	2,50	13,75	80	Oke
Story4	4	13	6,7	2,30	12,65	80	Oke
Story3	4	9	4,4	1,80	9,90	80	Oke
Story2	5	5	2,6	1,70	9,35	100	Oke
Story1	5	0	0,9	0,90	4,95	100	Oke
Base	0	-5		0,00	0,00	0	Oke

Dari hasil kontrol pada tabel di atas, maka analisis struktur Swiss Belhotel telah memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 1726:2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

4.3.3.5 Kontrol Sistem Ganda

Berdasarkan SNI 1726-2012 Tabel 9point D.3 Sistem Ganda merupakan sistem struktur yang beban lateral gempa bumi dipikul bersama oleh dinding geser dan rangka secara proporsional. Dimana sistem rangka pemikul momen harus didesain secara tersendiri mampu menahan sedikitnya 25% beban lateral.

Kombinasi dari dinding gese dan rangka dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 19 **Kontrol Sistem Ganda**

Prosentase Dalam Menahan Gempa			
Portal			
akibat gempa X		akibat gempa Y	
X	Y	X	Y
9594,574	6190,182	9389,898	8229,417
46%	42%	42%	41%
<i>shearwall</i>			
akibat gempa X		akibat gempa Y	
X	Y	X	Y
11163,67	8566,791	12829,7	11652,53
54%	58%	58%	59%

Berdasarkan tabel diatas terlihat bahwa persentase dari SRPM untuk menahan gaya gempa x dan gaya gempa y nilainya lebih besar dari 25%, sehingga konfigurasi struktur gedung telah memenuhi syarat sebagai struktur sistem ganda.

4.4 Perencanaan Struktur Primer

4.4 1 Umum

Struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Komponen utama terdiri dari balok induk, kolom dan shearwall. Pada bab ini akan dibahas mengenai kekuatan struktur utama mencakup kebutuhan tulangan yang diperlukan pada komponen tersebut.

4.4 2 Perencanaan Balok Induk

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Di dalam preliminary desain gedung GRAND KAMALA LAGOON BEKASI direncanakan dimensi balok induk sebesar 60/90 dengan panjang bentang 1200 cm dan balok induk 40/60 dengan panjang bentang 900 cm dengan menggunakan sistem pracetak. Maka dari itu, penulangan lentur balok induk dihitung dalam dua kondisi, yaitu sebelum komposit dan setelah komposit. Dengan adanya dua kondisi tersebut

nantinya akan dipilih tulangan yang lebih kritis untuk digunakan pada penulangan balok induk.

4.4 3 Data Perencanaan

Data perencanaan yang diperlukan meliputi:

- Mutu beton (f_c') = 40 MPa
- Mutu baja (f_y) = 420 MPa
- Dimensi balok = 50/70 cm & 40/60 cm
- Diameter tulangan longitudinal = 19 mm
- Diameter tulangan sengkang = 13 mm
- Tebal *decking* = 50 mm

4.4.3.1 Penulangan Lentur Balok Induk Melintang Interior 50/70 Sebelum Komposit

Balok pracetak pada saat sebelum komposit dihitung sebagai balok sederhana pada tumpuan dua sendi. Pembebanan pada balok induk sebelum komposit konsepnya sama dengan pembebanan balok induk sesudah komposit yang telah dihitung sebelumnya. Perhitungan untuk pembebanan merata pada balok induk menggunakan konsep tributari area. Berikut ini merupakan beban merata (q) yang terjadi pada balok :

Beban mati

Berat sendiri pelat pracetak = $0,08 \times 2400 = 192 \text{ kg/m}^2$

Beban hidup

Beban pekerja = 192 kg/m^2

Dimensi balok induk sebelum komposit = 50/56

Bentang balok induk = 9,2 meter

Bentang bersih balok induk = 8,0 meter

a) Pelat dalam kondisi sebelum terdapat overtopping

Pada kondisi sebelum komposit, balok hanya menerima beban mati dan beban hidup dari pelat pracetak, balok anak, dan berat dari balok induk itu sendiri.

Beban pada balok anak

$$L_x = 230 - \left(\frac{30}{2} + \frac{50}{2} \right) = 190 \text{ cm}$$

$$l_y = 460 - \left(\frac{40}{2} + \frac{40}{2} \right) = 420 \text{ cm}$$

▪ **Beban mati**

$$\text{Berat balok anak} = 0,3 \times 0,36 \times 2400 = 259 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat ekuivalen} &= 2 \times \frac{1}{2} \times q \times l_x \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right) \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 192 \times 1,9 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{1,9}{4,2} \right)^2 \right) \\ &= 339,91 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Total beban mati balok anak (Qd)

$$= 259 + 339,9 = 598,9 \text{ kg/m}$$

▪ **Beban hidup**

Berat ekuivalen pelat

$$\begin{aligned} &= 2 \times \frac{1}{2} \times q \times l_x \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{l_x}{l_y} \right)^2 \right) \\ &= 2 \times \frac{1}{2} \times 192 \times 2 \times \left(1 - \frac{1}{3} \times \left(\frac{1,9}{4,2} \right)^2 \right) \\ &= 355,95 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$Q_u = 1,2 D + 1,6 L$$

$$= 1,2 (471) + 1,6 (355,95) = 1263 \text{ kg/m}$$

Kemudian berat total dari balok anak ini dijadikan sebagai beban terpusat (P_D) pada saat pembebanan balok induk.

$$P_u = 1263 \text{ kg/m} \times 4,6 \text{ m} = 5808,89 \text{ kg}$$

Beban pada balok induk

Beban yang terjadi pada balok induk adalah berat sendiri balok induk dan berat ekuivalen pelat.

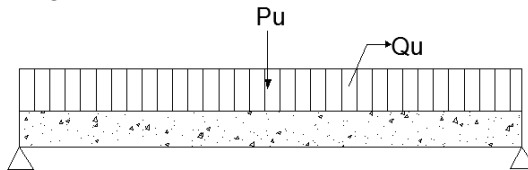
$$\text{Berat balok induk} = 0,3 \times 0,56 \times 2400 = 403,2 \text{ kg/m}$$

$$\text{Berat ekuivalen pelat} = 2 \times \frac{1}{4} \times q \times l_x$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times \frac{1}{4} \times 192 \times 1,9 \\
 &= 182 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Total beban mati balok induk (Q_d) = $403,2 + 182 = 586 \text{ kg/m}$

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2D \\
 &= 1,2 \times 586 \\
 &= 702,7 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 17 Pembebanan Balok Induk Sebelum Komposit

$$\begin{aligned}
 M_u &= \left(\frac{1}{8} \times Q_u \times L^2 \right) + \left(\frac{1}{4} \times P_u \times L \right) \\
 &= \left(\frac{1}{8} \times 614,4 \times 7,2^2 \right) + \left(\frac{1}{4} \times 2611,13 \times 7,2 \right) \\
 &= 15009,62 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

b) Perhitungan Tulangan Lentur

↳ Data Perencanaan

Dimensi Balok Induk	= 50 / 70
Bentang Balok Induk	= 9,2 m
Diameter Tulangan utama	= 19 mm
Diameter Sengkang	= 13 mm
Tebal <i>decking</i>	= 50 mm
ρ_{\min}	= 0,0035
dx	= $500 - 140 - 50 - 13 - (1/2 \times 19)$
	= 487,5 mm

$$M_u = 15009,6 \text{ kgm} = 150096201,1 \text{ Nmm}$$

Karena perletakan sebelum komposit dianggap sendi maka momennya adalah nol, namun tetap diberi penulangan tumpuan sebesar setengah dari penulangan lapangan.

↳ **Penulangan Lentur**

Dipakai $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{150096201,1}{0,9} = 116773556 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d x^2} = \frac{116773556,8}{500 \times 488^2} = 1,403$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 40}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,403}{0,85 \times 40}} \right) = 0,0065 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0065 > \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai ρ_{perlu} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

Tulangan lentur tarik

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0065 \times 500 \times 488 = 1584,38 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{sD13}} \\ &= \frac{1584,38}{284} = 5,585 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 6D19 ($A_s = 1701,86 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times C) - (\phi v) - (n - \phi l)}{(n - 1)} = \frac{500 - (2 \times 50) - (10) - (8 \times 13)}{(8 - 1)} \\ &= 44,5 < 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan

$A_{s'} = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 1701,9 = 850,93 \text{ mm}^2$ Maka digunakan tulangan lentur tekan

4D13 ($A_s = 1133,54 > A_{s'}$) OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1061,32 \times 420}{(0,85 \times 40 \times 500)} = 42,05 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'c-28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(40-28)}{7} = 0,8414$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{32,78}{0,8414} = 38,95$$

- Regangan Tarik netto

$$\varepsilon_t = \frac{\varepsilon_o \times (dx-c)}{c} = \frac{0,003 \times (293,5-38,95)}{38,95} = 0,026 > 0,005 \text{ (OK)}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\begin{aligned} \phi M_n &= \phi \times A_s \text{ pasang} \times f_y \times d - \frac{a}{2} \\ &= 0,9 \times 1701,9 \times 420 \times \left(487,5 - \frac{42,05}{2}\right) \\ &= 0,9 \times 2144028130 \\ &= 6592998801 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Kekuatan lentur probability

$$\begin{aligned} M_{pr} &= 1,25 \times A_s \text{ pasang} \times f_y \times \left(d - \frac{1,25a}{c}\right) \\ &= 1,25 \times 1701,9 \times 420 \times \left(487,5 - \frac{1,25 \times 42,05}{49,97}\right) \end{aligned}$$

$$M_{pr} = 434629318,3 \text{ Nmm}$$

Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$6592998801 > 150096201,1 \text{ Nmm} \quad \dots \text{OK}$$

4.4.3.2 Penulangan Lentur Balok Induk Melintang Interior 50/70 Setelah Komposit

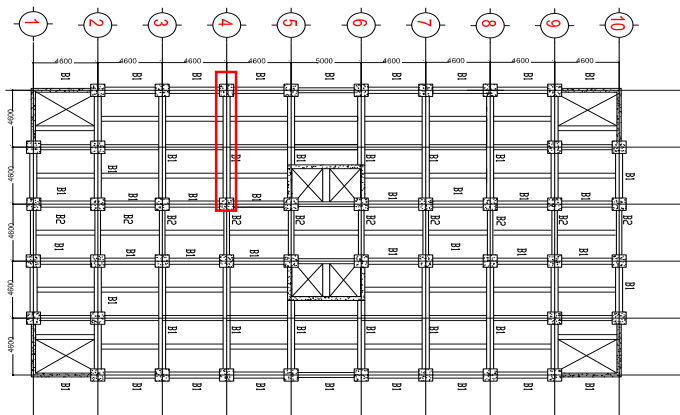
Perencanaan balok induk didesain dengan menggunakan tulangan rangkap dimana untuk merencanakan tulangan lentur diperhitungkan gaya gempa arah bolak balik (kiri-kanan) yang akan menghasilkan momen positif dan negatif pada tumpuan. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan digunakan merupakan kombinasi dari perencanaan bertahap tersebut dengan mengambil jumlah tulangan yang terbesar.

Data - data yang akan digunakan dalam merencanakan balok induk pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Mutu beton (f'_c) = 40 MPa
 Mutu baja (f_y) tulangan = 420 MPa
 Dimensi balok induk = 50/70 cm
 Panjang balok induk = 9,2 m
 Tebal *decking* = 50 mm
 Diameter tulangan utama = 19 mm
 Diameter sengkang = 13 mm
 $d = 700 - 50 - 13 - (0,5 \times 19) = 847,5$ mm
 $d' = 50 + 13 + (0,5 \times 19) = 73$ mm

Dari perhitungan pada bab sebelumnya didapatkan :

$\rho_{\min} = 0,0035$



Gambar 4. 18 Denah Pembalokan

Dari hasil analisa ETABS 2016 didapat nilai momen pada As 4 sebagai berikut :

M tumpuan = - 403172300 Nmm
 M lapangan = + 281869600 Nmm

- **Penulangan Tumpuan**

$M_u = 403172300$ Nmm

Dipakai $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{403172300}{0,9} = 447969222,2 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d x^2} = \frac{447969222,2}{500 \times 626^2} = 1,25$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{0,85 f'_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f'_c}} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 40}{420} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,25}{0,85 \times 40}} \right) = 0,0030 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,003 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

Tulangan lentur tarik

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0035 \times 500 \times 847,5 = 1483,13 \text{ mm}^2 \\ n_{\text{tulangan}} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{sD19}} \\ &= \frac{1483,5}{283} = 5,2336 \approx 6 \text{ buah} \end{aligned}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 6D19 ($A_s = 1700,31 \text{ mm}^2$)
Jarak antar tulangan 1 lapis

$$\begin{aligned} S_{\text{maks}} &= \frac{b - (2 \times c) - (\phi v) - (n - \phi l)}{(n - 1)} = \frac{400 - (2 \times 50) - (13) - (6 \times 19)}{(6 - 1)} \\ &= 28 > 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tulangan lentur tekan

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 1483,13 = 741,56 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

4D19 ($A_s = 1133,54 > A_s'$) OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1483,1 \times 420}{(0,85 \times 40 \times 500)} = 36,64 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(40 - 28)}{7} \\ = 0,8414$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{36,64}{0,8414} = 43,55$$

- Regangan Tarik netto

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_o \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (847,5 - 43,55)}{43,55} = 0,0554 > 0,005 \quad \text{OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\phi M_n = \phi \times A_s \text{ pasang} \times f_y \times d - \frac{a}{2} \\ = 0,9 \times 1133,5 \times 420 \times (847,5 - \frac{36,64}{2}) \\ = 6652984101 \quad \text{Nmm}$$

Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$6652984101 > 403172300 \text{ Nmm} \quad \dots \text{OK}$$

Pada tumpuan dipasang tulangan atas (daerah Tarik) dengan $A_s = 1700,31 \text{ mm}^2$ atau 6D19.

• Penulangan Lapangan

$$M_u = 281869600 \text{ Nmm}$$

Dipakai $\phi = 0,9$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{281869600}{0,9} = 313188444,4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times dx^2} = \frac{313188444,4}{500 \times 626^2} = 0,875$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85f_c}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times R_n}{0,85 \times f_c}} \right) \\ = \frac{0,85 \times 30}{400} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,875}{0,85 \times 40}} \right) = 0,0021$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,0021 < \rho_{\text{min}} = 0,0035$ dipakai ρ_{min} sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

Tulangan lentur tarik

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 500 \times 626 = 1480,5 \text{ mm}^2$$

$$n_{\text{tulangan}} = \frac{A_{s\text{perlu}}}{A_{sD22}}$$

$$= \frac{1480,5}{380,13} = 3,8967 \approx 4 \text{ buah}$$

Digunakan tulangan lentur tarik 4D19 ($A_s = 1133,54 \text{ mm}^2$)

Jarak antar tulangan 1 lapis

$$S_{\text{maks}} = \frac{b - (2 \times C) - (\phi v) - (n - \phi l)}{(n - 1)} = \frac{400 - (2 \times 50) - (13) - (4 \times 19)}{(4 - 1)}$$

$$= 77 > 25 \text{ mm} \quad (\text{memenuhi})$$

Tulangan lentur tekan`

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 1483,13 = 741,56 \text{ mm}^2$$

Maka digunakan tulangan lentur tekan

3D19 ($A_s = 850,155 > A_s'$) OK

Kontrol penggunaan faktor reduksi

-Tinggi blok tegangan persegi ekivalen

$$a = \frac{A_s \text{ pasang} \times f_y}{(0,85 \times f'_c \times b)} = \frac{1480,5 \times 420}{(0,85 \times 40 \times 500)} = 36,64 \text{ mm}$$

- Rasio dimensi panjang terhadap pendek

$$\beta = 0,85 - 0,005 \frac{(f'_c - 28)}{7} = 0,85 - 0,005 \frac{(40 - 28)}{7} = 0,8414$$

- Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

$$c = \frac{a}{\beta} = \frac{36,58}{0,8414} = 43,47$$

- Regangan Tarik netto

$$\epsilon_t = \frac{\epsilon_o \times (dx - c)}{c} = \frac{0,003 \times (526 - 43,47)}{43,47} = 0,0554 > 0,005 \quad \text{OK}$$

Kekuatan lentur nominal rencana

$$\phi M_n = \phi \times A_{s\text{pasang}} \times f_y \times d - \frac{a}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,9 \times 1483,1 \times 420 \times \left(847 - \frac{36,58}{2}\right) \\
 &= 0,9 \times 96207039941 \\
 &= 8704771817 \quad \text{Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol kekuatan lentur nominal

$$\phi M_n > M_u$$

$$8658633547 > 281869600 \text{ Nmm} \quad \dots \text{OK}$$

Hasil dari penulangan setelah komposit adalah sebagai berikut,

- Akibat momen tumpuan kiri dan kanan
 - Tulangan atas = 6D19 ($A_s = 1700 \text{ mm}^2$)
 - Tulangan bawah = 4D19 ($A_s = 1134 \text{ mm}^2$)
- Akibat momen lapangan
 - Tulangan atas = 4D19 ($A_s = 1134 \text{ mm}^2$)
 - Tulangan bawah = 3D19 ($A_s = 850 \text{ mm}^2$)

Penulangan Geser dan Torsi

a. Penulangan Geser

Syarat spasi maksimum tulangan geser balok menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 :

- $s < d/4 = 626/4 = 212 \text{ mm}$
- $s < 6\phi$ tulangan lentur = $6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- $s < 150 \text{ mm}$

Sengkang pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan.

Pada daerah lapangan, syarat maksimum tulangan geser balok adalah :

- $s < d/2 = 626/2 = 423 \text{ mm}$

Menurut SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.1 bahwa gaya geser desain V_e harus ditentukan dari peninjauan gaya statis pada bagian komponen struktur antara muka-muka *joint*. Harus diasumsikan bahwa momen-momen dengan tanda berlawanan yang berhubungan dengan kekuatan momen lentur yang mungkin M_{pr} bekerja pada muka-muka *joint* dan bahwa komponen struktur dibebani dengan beban gravitasi tributari terfaktor sepanjang bentangnya.

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} \pm \frac{W_u \times l_n}{2}$$

- Perhitungan Gaya Geser Desain Balok (V_e)

$$\frac{W_u \cdot l_n}{2} = 15412 \text{ Kg (Output ETABS)}$$

$$L_n = 9,2 - 1 = 8,2 \text{ m}$$

$$A_s \text{ negatif} = 1519 \text{ mm}^2$$

$$\alpha = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{1519 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 40 \times 420} = 74,46 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr1} &= A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{\alpha}{2}\right) \\ &= 1519 \times 1,25 \times 420 \times \left(626 - \frac{74,46}{2}\right) \\ &= 46945,75 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

$$A_s \text{ positif} = 759 \text{ mm}^2$$

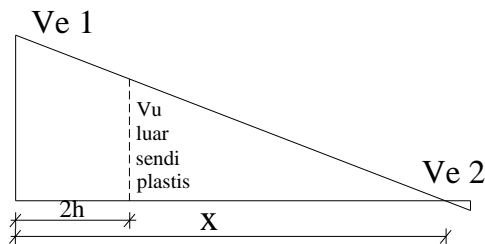
$$\alpha = \frac{A_s \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'_{cx} \times b} = \frac{759 \times 1,25 \times 420}{0,85 \times 40 \times 400} = 58,62 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr2} &= A_s \times 1,25 \times f_y \times \left(d - \frac{\alpha}{2}\right) \\ &= 759 \times 1,25 \times 400 \times \left(626 - \frac{58,62}{2}\right) \\ &= 22644,38 \text{ Kg.m} \end{aligned}$$

Gaya Geser sendi plastis (Tumpuan):

$$\begin{aligned} V_{e1} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} + \frac{W_u \times L_n}{2} \\ &= \frac{46945,75 + 22644,38}{8,2} + 15412 = 23900 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{e2} &= \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{L_n} - \frac{W_u \times L_n}{2} \\ &= \frac{46945,75 + 22644,38}{8,2} - 15412 = -6925 \text{ Kg} \end{aligned}$$



Gambar 4. 19 Gaya Geser Balok

Gaya Geser Luar sendi Plastis (Lapangan):

$$V_{u \text{ lap}} = 18648 \text{ Kg (dari autoCAD)}$$

Sumbangan kekuatan geser beton:

$$V_c = 0,17 \times \sqrt{f'_{cx}} \times b \times d$$

- $\phi = 0,17 \times \sqrt{40} \times 500 \times 626 = 200751 \text{ N}$
 $\phi = 0,75 \text{ (SNI 2847 2013, pasal 9.3.2.3)}$
 $\phi V_c = 0,75 \times 200751 \text{ N} = 150563 \text{ N}$
- Perencanaan Tulangan Geser Tumpuan
 $V_c = 0 \text{ (SNI 2847 2013 Pasal 21.6.5.2), jika:}$
 - $\frac{W_u \times L_n}{2} > \frac{1}{2} V_e$
 $15412 \text{ kg} > \frac{1}{2} 23900 = 11950 \text{ kg} \quad (\text{Ok})$
 - $P_u < A_g \cdot f'_c / 10$
 $P_u = 11160 \text{ N (Output ETABS)}$
 $A_g \cdot f'_c / 10 = 700 \times 500 \times 40 / 10 = 140000 \text{ N}$
 $11160 \text{ N} < 140000 \text{ N} \quad (\text{Ok})$
Maka $V_c = 0$.
 $V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{23900}{0,75} - 0 = 31866 \text{ N}$
direncanakan 2 D10 mm ($A_v = 157 \text{ mm}^2$)
 $S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157 \times 420 \times 626}{31866} = 132,47 \text{ mm}$
Syarat spasi tulangan geser maksimum sesuai SNI 2847 2013 pasal 21.5.3.2
 - $d/4 = 626/4 = 156,5 \text{ mm}$
 - $8d_b = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$
 - 300 mm
Maka dipakai sengkang 2D10 – 130 mm pada daerah Tumpuan sepanjang $2h = 1400 \text{ mm}$.
 - Perencanaan Tulangan Geser Lapangan
 $V_e > \phi V_c \rightarrow \text{Perlu tulangan Geser}$
 $18648 \text{ kg} > 0,75 \times 200751 \text{ N}$
 $186480 \text{ N} > 150563 \text{ N} \rightarrow \text{Perlu tulangan Geser}$
 $V_s = \frac{V_e}{\phi} - V_c = \frac{186480}{0,75} - 200751 = 47889 \text{ N}$
direncanakan 2D10 mm ($A_v = 235 \text{ mm}^2$)
 $S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157 \times 420 \times 626}{47889} = 861,78 \text{ mm}$
Syarat spasi tulangan geser minimum sesuai SNI 2847 2013 pasal 11.4.5.1
 - $d/2 = 626/2 = 313 \text{ mm}$
Maka dipakai 2D10 – 250 mm pada daerah lapangan.

b. Penulangan Torsi

Sedangkan untuk perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut :

$$\phi T_n \geq T_u \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.5})$$

Tulangan sengkang untuk torsi harus direncanakan berdasarkan (SNI 2847:2013 Pasal 11.5.3.6) sesuai persamaan berikut :

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana :

- T_n = Kuat momen torsi ($T_c + T_s > T_{min}$)
- T_s = Kuat momen torsi nominal tulangan geser
- T_c = Kuat torsi nominal yang disumbngkan oleh beton
- A_o = Luas bruto yang ditasi oleh lintasan aliran geser, mm
- A_t = Luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan puntir dalam daerah sejarak s , mm²
- F_{yv} = kuat leleh tulangan sengkang torsi, Mpa
- s = Spasi tulangan geser atau puntir dalam arah parallel dengan tulangan longitudinal

Sesuai peraturan (SNI 2847:2013 Pasal 11.5.1 (a) pengaruh torsi boleh diabaikan bila momen torsi terfaktor T_u kurang dari :

$$\phi 0,083 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

- ϕ = Faktor reduksi kekuatan
- f'_c = Kuat tekan beton, Mpa
- λ = 1,0 (beton normal)
- A_{cp} = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm²
- P_{cp} = Keliling luar penampang beton, mm²

Data perencanaan :

Dimensi Balok Induk = 500/700 mm

T_u = 2498100 Nmm (output ETABS)

Pada struktur statis tak tentu dimana reduksi momen torsi pada komponen struktur dapat terjadi akibat redistribusi gaya-gaya dalam dengan adanya keretakan. Sehingga berdasarkan SNI 2847:2013

Pasal 11.5.2.2 (a) maka momen puntir terfaktor maksimum T_u dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$T_u < \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$2498100 < 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \left(\frac{(500 \times 700)^2}{(500 + 700) \times 2} \right)$$

$$2498100 < 319587686 \text{ Nmm}$$

Dengan demikian Tulangan Torsi diabaikan.

a. Kontrol lendutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 2847:2013 tabel 9.5(a), syarat tebal minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

Balok dengan dua tumpuan

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L_b$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan h_{\min}

b. Kontrol retak

Distribusi tulangan lentur harus diatur sedemikian hingga untuk membatasi retak lentur yang terjadi, bila tegangan leleh rencana f_y untuk tulangan tarik melebihi 300 MPa, penampang dengan momen positif dan negatif maksimum harus diproporsikan sedemikian hingga nilai Z yang diberikan oleh :

$$Z = f_s \times \sqrt{d_c \times A}$$

Tidak melebihi 30 MN/m untuk penampang didalam ruangan.

f_s = tegangan dalam tulangan yang dihitung pada beban kerja,

f_s dapat diambil $0,6 f_y$

$f_s = 0,6 \times 420 \text{ Mpa} = 252 \text{ Mpa}$

d_c = tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat

batang tulangan (decking + $\frac{1}{2}$ jari-jari tulangan)

$$d_c = 50 + 13 + \frac{1}{2} (22) = 74 \text{ mm}$$

A = Luas efektif beton ditarik disekitar tulangan lentur tarik dan mempunyai titik pusat yang sama dengan titik pusat tulangan (pada hal ini diambil selebar 1 m) tersebut dibagi dengan jumlah batang tulangan dalam 1 m tersebut.

$$A = \frac{d_c \times b}{n} = \frac{74 \times 500}{3} = 12333,3 \text{ mm}^2$$

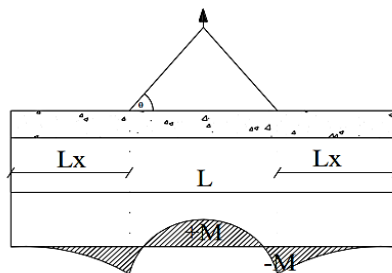
$$Z = f_s \times \sqrt{d_c \times A}$$

$$Z = 240 \times \sqrt{0,074 \times 0,0123333}$$

$$Z = 7,6 \text{ MN/m} < 30 \text{ MN/m} \quad \dots \text{OK}$$

4.4.3.3 Pengangkatan Elemen Balok Induk

Balok induk dibuat secara pracetak di pabrik. Elemen balok harus dirancang untuk menghindari kerusakan pada waktu proses pengangkatan. Titik pengangkatan dan kekuatan tulangan angkat harus menjamin keamanan elemen balok tersebut dari kerusakan.



Gambar 4. 20 Momen Saat Pengangkatan Balok Induk

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \times \tan \theta} \right)$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4Y_c}{L \times \operatorname{tg} \theta}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Y_t}{Y_b} \left(1 + \frac{4Y_c}{L \times \operatorname{tg} \theta} \right)} \right)}$$

↪ **Kondisi sebelum komposit**

$$b = 50 \text{ cm}$$

$$h = 70 \text{ cm}$$

$$L = 920 \text{ cm}$$

Perhitungan :

$$Y_t = Y_b = \frac{(70 - 14)}{2} = 63 \text{ cm}$$

$$Y_c = 38 + 5 = 43 \text{ cm}$$

$$X = \frac{1 + \frac{4 \times 43}{920 \times \operatorname{tg} 45^\circ}}{2 \left(1 + \sqrt{1 + \frac{38}{38} \left(1 + \frac{4 \times 43}{920 \times \operatorname{tg} 45^\circ} \right)} \right)} = 0,227224$$

$$X \times L = 0,227224 \times 920 = 209 \text{ cm} = 2,09 \text{ m}$$

$$L - 2 \times (X \times L) = 9 - 2 \times (2,09) = 5,02 \text{ m}$$



Gambar 4. 21 Letak Titik Pengangkatan

d. Pembebanan

$$\text{Balok } (0,5 \times 0,56 \times 9 \times 2400) = 6182,4 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned}
 T \sin \phi = P &= \frac{1,2 \times k \times W}{2} \\
 &= \frac{1,2 \times 1,2 \times 6182,4}{2} \\
 &= 4451,33 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$T = \frac{4451,33}{\sin 45^\circ} = 5231,3 \text{ kg}$$

e. Tulangan Angkat Balok Induk

$$P_u = 6182,4 \text{ kg}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu $f_y = 420 \text{ Mpa}$ adalah $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4200/1,5 = 2800 \text{ kg/m}^2$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{P_u}{\sigma_{\text{ijin}} \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq \sqrt{\frac{6182,4}{2800 \times \pi}}$$

$$\phi_{\text{tulangan angkat}} \geq 0,84 \text{ cm} = 8,4 \text{ mm}$$

Digunakan Tulangan $\phi 12 \text{ mm}$

f. Momen yang Terjadi

• Pembebanan

$$\text{Balok } (0,5 \times 0,56 \times 2400) = 672 \text{ kg/m}$$

Dalam upaya untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2 sebagai berikut :

• Momen lapangan

$$+ M = \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Y_c}{L \times \tan \theta} \right)$$

$$\begin{aligned}
 + M &= \left(\frac{672 \times 9,2^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,227 + \frac{4 \times 0,43}{9,2 \times \tan 45} \right) \right) \times 1,2 \\
 &= 1762 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

- Momen tumpuan

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$-M = \left(\frac{1094,4 \times 0,227^2 \times 12^2}{2} \right) \times 1,2 = 1468,33 \text{ kgm}$$

g. Tegangan yang Terjadi

- Lapangan

$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{1409,6 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 400 \times 560^2}$$

$$= 0,674 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7\sqrt{f'c'} = 4,43 \text{ MPa} \quad \dots\text{OK}$$

- Tumpuan

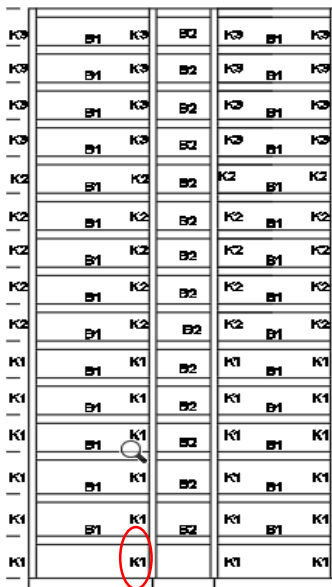
$$f = \frac{M}{Wt} = \frac{6 \times 10^4}{\frac{1}{6} \times 400 \times 560^2}$$

$$= 0,00287 \text{ MPa} \leq f_r = 0,7\sqrt{f'c'} = 4,43 \text{ MPa} \quad \dots\text{OK}$$

Dari perhitungan momen diatas, didapatkan nilai f' akibat momen positif dan negatif berada dibawah nilai $f'_{r_{ijin}}$ usia beton 3 hari. Jadi dapat ditarik kesimpulan, balok tersebut aman dalam menerima tegangan akibat pengangkatan.

4.4.4 Perencanaan Kolom

4.4.4.1 Perencanaan Kolom Interior Lantai 1



Gambar 4. 22 Potongan Rangka Struktur

Pada perencanaan Tugas Akhir ini, kolom yang diperhitungkan diambil pada kolom interior lantai 1. Data kolom perencanaan dimensi kolom tersebut adalah sebagai berikut :

- Mutu Beton : 40 Mpa
- Mutu Baja Tulangan : 525 Mpa (1,25 fy)
- Dimensi Kolom : 100/100 cm
- Tebal decking : 40 mm
- Diameter Tulangan Utama (D) : 25 mm
- Diameter Sengkang (ϕ) : 13 mm
- $d = h - \text{selimut} - \phi - 0,5D$
 $= 600 - 40 - 13 - (0,5 \times 25) = 798 \text{ mm}$

Dengan menggunakan *software ETABS 2016* diperoleh Besarnya gaya pada kolom atas adalah sebagai berikut:

4.4.4.2 Kontrol Dimensi Kolom

Sesuai dengan persyaratan pada SNI 2847:2013 komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang melebihi $A_g f_c' / 10$, harus memenuhi ketentuan pada pasal 21.6.4, 21.6.5, dan 21.7.3.

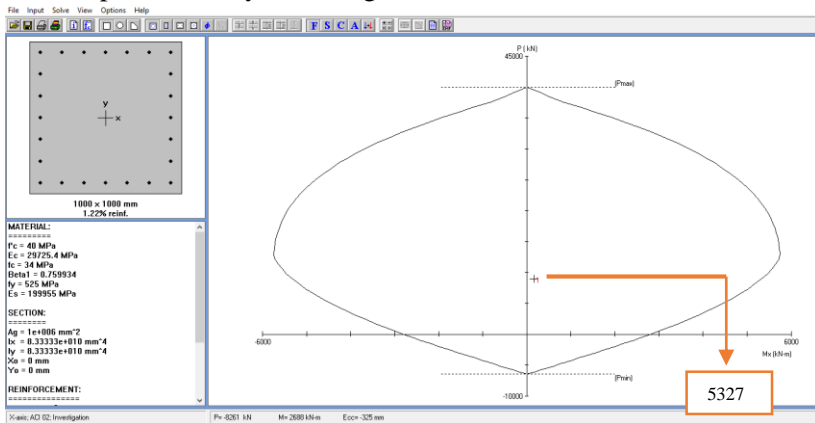
$$\begin{aligned}
 \text{Gaya aksial terfaktor} &\leq A_g \times \frac{f'_c}{10} \\
 &\leq 1000 \times 1000 \times \frac{40}{10} \\
 &\leq 4000000 \text{ N} = 4000 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa dengan menggunakan program bantu ETABS 2016 didapat gaya aksial tekan terfaktor yang terbesar adalah 8378 kN. Karena beban aksial tekan terfaktor pada komponen struktur telah melebihi $A_g \times \frac{f'_c}{10}$, maka pasal tersebut di atas berlaku.

- Ukuran penampang terpendek 900 mm > 300 mm (Ok)
- Ratio b/h = 1000/1000 = 1 > 0,4 (Ok)

4.4.4.3 Perhitungan Penulangan Kolom

Dari hasil analisa dengan program bantu ETABS 2016 didapat data beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu Pc Acool, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom yaitu sebagai berikut :



Gambar 4. 23 Diagram Interaksi Aksial dan Momen pada Kolom

Berdasarkan hasil tersebut, kolom memerlukan tulangan memanjang (longitudinal) sebanyak 16D22 ($\rho = 1,26 \%$). Kebutuhan ρ tersebut telah memenuhi syarat SNI 2847:2013 pasal 10.9.1 yaitu

antara 1% - 8%. Dari hasil analisis kolom menggunakan program bantu Pc Acool, didapat hasil analisa sebagai berikut :

- Rasio tulangan longitudinal = 1,26 %
- Penulangan 24D25 = $A_s : 11775 \text{ mm}^2$
- $I_x = 8,33 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $I_y = 8,33 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $A_g = 10^6 \text{ mm}^2$

4.4.4.4 Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom

Sesuai SNI 2847:2013 Pasal 12.3.5.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\begin{aligned}\phi P_n (\text{max}) &= 0,8 \times \phi \times \left[0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st} \right] \\ &= 0,8 \times 0,65 \times \left[0,85 \times 40 \times (10^6 - 11775) + 525 \times 11775 \right] \\ &= 20686393,00 \text{ N} \\ &= 19232,1 \text{ kN} > 5327 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK}\end{aligned}$$

jadi, tulangan memanjang 24 D25 dapat digunakan.

4.4.4.5 Kontrol Persyaratan Kolom Terhadap Gaya Geser

Rencana Ve

➤ Geser pada kolom :

Bedasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.5.1 gaya geser desain, V_e ditentukan sebagai berikut :

$$V_e = \frac{(2 \times M_{pr})}{L_n}$$

M_{pr} adalah kekuatan lentur mungkin komponen struktur, dengan atau tanpa beban aksial, yang ditentukan menggunakan properti komponen struktur pada muka *joint* yang mengasumsikan tegangan tarik dalam batang tulangan longitudinal sebesar paling sedikit $1,25 f_y$ dan faktor reduksi kekuatan ϕ sebesar 1,0 Nmm. Sehingga nilai f_y untuk analisa geser sebesar $1,25 \times f_y = 1,25 \times 420 = 525 \text{ Mpa}$

Dari hasil analisa menggunakan Pcacol diperoleh $M_{pr} = 5327 \text{ kNm}$
Panjang bentang bersih (L_n) : $5 - 0,7 = 4,3 \text{ m}$

$$V_e = \frac{(2 \times 5327)}{4,3} = 2477,67 \text{ kN}$$

➤ Geser pada balok :

$V_{\text{balok}} = 239000 \text{ N} = 239 \text{ kN}$ (telah dihitung sebelumnya)

$V_e \text{ kolom} > V_e \text{ balok}$

$2477,67 \text{ kN} > 239 \text{ kN} \quad \dots \text{OK}$

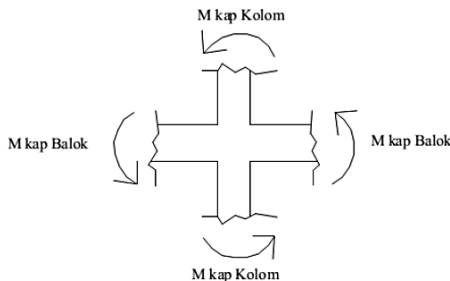
Nilai gaya geser diambil nilai terbesar dari kedua nilai di atas sehingga diambil nilai gaya geser sebesar 2477 kN.

4.4.4.6 Persyaratan 'Strong Column Weak Beam'

Sesuai dengan filosofi desain kapasitas, maka SNI 2847:2013 pasal 21.6.2 mensyaratkan bahwa :

$$\sum M_{nc} \geq (1,2) \sum M_{nb}$$

Dimana $\sum M_{nc}$ adalah momen kapasitas kolom dan $\sum M_{nb}$ merupakan momen kapasitas balok. Perlu diperhatikan bahwa M_{nc} harus dicari dari gaya aksial terfaktor yang menghasilkan kuat lentur terendah, sesuai dengan arah gempa yang ditinjau yang dipakai untuk memeriksa syarat *strong column weak beam*. Setelah kita dapatkan jumlah tulangan untuk kolom, maka selanjutnya adalah mengontrol apakah kapasitas kolom tersebut sudah memenuhi persyaratan *strong column weak beam*.



Gambar 4. 24 Ilustrasi Kuat Momen yang Bertemu di HBK

$$\sum M_{nc} = 0,7 \times (5327 + 5327) = 7457 \text{ kNm}$$

Nilai M_b dicari dari jumlah M_{nb+} dan M_{nb-} balok yang menyatu dengan kolom didapat dari M_n pada penulangan balok interior dimana diperoleh :

$$M_{nb+} = 962,863 \text{ kNm}$$

$$M_{nb-} = 498,53 \text{ kNm}$$

$$\sum M_{nb} = 0,85 \times (865,863 + 498,53) = 1152 \text{ kNm}$$

Maka :

$$\begin{aligned} \sum M_{nc} &\geq (1,2) \sum M_{nb} \\ 5723 \text{ kNm} &> 1,2 \times 1152 \text{ kNm} \\ 5217,8 \text{ kNm} &> 1382 \text{ kNm} \quad \dots \text{ OK} \end{aligned}$$

4.4.4.7 Pengekangan Kolom

Bedasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1 panjang l_0 tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

$$\begin{aligned} L_0 &\geq h = 600 \text{ mm} \\ &\geq \frac{1}{6} \times l_n = \frac{1}{6} \times 4300 = 716,7 \text{ mm} \\ &\geq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

\therefore Maka, l_0 pakai adalah 900 mm

Untuk jarak begel (s) berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 tidak boleh melebihi yang terkecil dari : (diamater pakai sengkang 13 mm)

$$\frac{1}{4} \times b = \frac{1}{4} \times 70 = 18 \text{ mm}$$

$$6 \times dl = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) = 100 + \left(\frac{350 - 0,5 \times (1000 - 2 \times (40 + 13/2))}{3} \right) = 19 \text{ mm}$$

Dimana S_o tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Dipakai jarak sengkang (s) = 100 mm

Untuk $A_{sh_{min}}$ sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai terbesar dari hasil rumus berikut :

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{s b_c f_c'}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f_c'}{f_{yt}}$$

Keterangan :

S = jarak spasi tulangan transversal (mm)

B_c = dimensi potongan melintang dari inti kolom, diukur dari pusat ke pusat dari tulangan pengekang (mm)

A_g = luasan penampang kolom (mm²)

A_{ch} = luasan penampang kolom diukur dari daerah terluar tulangan transversal (mm)

F_{yt} = kuat leleh tulangan transversal (Mpa)

Dengan asumsi bahwa s = 100 mm, f_{yt} = 420 Mpa, selimut beton = 40 mm dan D_s = 13 mm

b_c = 0,5b - 0,5d' - ds = 500 - 0,5x13 - 40 = 453,5 mm

A_{ch} = (1000 - 40)² = 921600 mm²

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{100 \times 453,5 \times 40}{525} \left[\left(\frac{1000000}{921600} \right) - 1 \right] = 88,18 \text{ mm}^2$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \times \frac{100 \times 453,5 \times 40}{525} = 310,97 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 13^2 = 530,66 \text{ mm}^2 > A_{sh} \text{ min} = 310,97 \text{ mm}^2$$

Untuk memenuhi syarat diatas dipasang 4D13 - 100 (A_{sh} = 530,66 mm² > 310,97 mm²). Mengingat beban aksial terfaktor kolom minimal 7477 kN > 3630 kN, maka Nilai V_c diambil sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.2.1.2

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c} b_w d$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{7477000}{14 \times 1000000} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 1000 \times 935$$

$$V_c = 15'94460 N = 1594,46 kN$$

Berdasarkan A_v 4D13 = 530,66 mm² dan s terpasang = 100 mm

$d = h \text{ kolom} - d' - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} dl$

$$d = 1000 - 40 - 13 - \frac{1}{2} 25$$

$$d = 935 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{530,66 \times 525 \times 935}{100} = 2603484,29 N = 2603,48 kN$$

$$V_n = V_s + V_c = 2603,48 + 1594,46 = 4197,95 kN$$

Maka $\phi(V_s + V_c)$

$$= 0,75(2603,48 + 1594,46) = 3148,5 kN > V_u = 337,1 kN$$

Ini berarti A_{sh} terpasang di L_0 dengan $s = 100$ mm cukup untuk menahan geser. Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.3.2 spasi sengkang tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

$$\begin{aligned} S &< \frac{1}{4} \times d = \frac{1}{4} \times 797,5 = 199,375 \text{ mm} \\ &< 6 \times dl = 6 \times 25 = 150 \text{ mm} \\ &< 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

\therefore spasi sengkang pakai = 100 mm

➤ Tulangan Angkat Kolom

$$L_n = 4 - 0,6 = 3,4 \text{ m}$$

$$\text{Beban Kolom} = 1,1 \times 1,1 \times 3,4 \times 2400 = 9873,6 \text{ kg}$$

$$\text{Koefisien kejut (k)} = 1,2$$

$$P_u = 1,2 \times 9873,6 = 11848,32 \text{ kg}$$

Menurut PBBI pasal 2.2.2. tegangan ijin tarik dasar baja bertulang mutu $f_y = 400$ Mpa adalah $f_y/1,5$

$$\sigma_{\text{tarik ijin}} = 4000/1,5 = 2666,67 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned}\phi_{\text{tulangan angkat}} &\geq \sqrt{\frac{Pu}{\sigma_{ijin} \times \pi}} \\ \phi_{\text{tulangan angkat}} &\geq \sqrt{\frac{11848,32}{2666,67 \times \pi}} \\ \phi_{\text{tulangan angkat}} &\geq 1,19 \text{ cm} = 11,9 \text{ mm} \\ \text{Digunakan Tulangan } \phi &13 \text{ mm}\end{aligned}$$

➤ Panjang Lewatan pada Sambungan Tulangan Kolom

Sambungan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.2.3 berikut :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Dimana :

$$\Psi_t = 1 ; \Psi_e = 1 ; \Psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$K_{tr} = 0 \rightarrow \text{penyederhanaan desain}$$

$$c = 40 + d_s + \frac{1}{2}d_l$$

$$= 40 + 13 + \frac{1}{2} 25 = 65,5 \text{ mm}$$

$$l_d = \left(\frac{525}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \frac{1 \times 1 \times 1}{\left(\frac{65,5 + 0}{25} \right)} \right) \times 25$$

$$l_d = 720 \text{ mm}$$

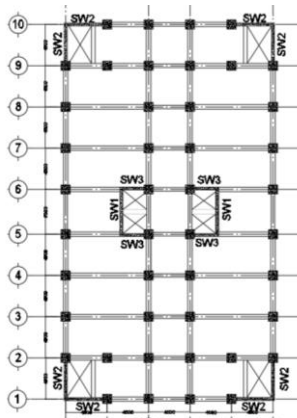
Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 12.7.2 sambungan lewatan tulangan ulir dan kawat ulir $l_d \geq 200 \text{ mm}$, maka

$$L_d \geq 200 \text{ mm}$$

$$720 \geq 200 \text{ mm} \text{OK}$$

4.4 5 Perencanaan Dinding Geser

Dinding geser (*Shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen-momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekuk maupun geser. Dalam struktur bangunan ini dipakai model section dinding geser tipe SW2 dengan tebal 30 cm. sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser berdasarkan hasil analisis ETABS 2016 yang mempunyai gaya paling maksimum.



Gambar 4. 25 Denah penempatan *shearwall*

Data perencanaan adalah sebagai berikut :

Mutu beton (f'_c)	= 40 MPa
Mutu baja (f_y)	= 420 MPa
Tebal dinding geser	= 30 cm
Bentang shearwall	= 4,6 m (Arah X dan Y)
Tinggi shearwall	= 61 m (keseluruhan)
Tebal selimut beton	= 40 mm

4.4.5.1 Gaya Geser Rencana *Shear Wall*

Dinding geser harus mempunyai tulangan geser horizontal dan vertikal. Sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser pada lantai dasar. Dari hasil analisa struktur dengan

menggunakan program bantu ETABS 2015 didapatkan kombinasi *envelope* beban maksimum sebagai berikut :

Tabel 4. 20 *Output* gaya Dalam Dinding Geser (ETABS 2015)

Kombinasi	Arah X			Arah Y		
	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)	Aksial (kN)	Geser (kN)	Momen (kNm)
Envelope	19280,56	1583,005	8240,603	18367,897	1150,516	12879,28

4.4.5.2 Kuat Aksial Rencana

Kuat aksial rencana dihitung berdasarkan (SNI 2847:2013 pasal 14.5.2)

$$\phi P_{nw} = 0,55 \phi f' c . A_g \left[1 - \left(\frac{k \cdot \ell_c}{32h} \right)^2 \right]$$

Di mana:

ℓ_c = panjang kolom

h = tebal dinding geser

k = faktor panjang efektif, di mana $k = 0,8$

- Untuk arah X

$$P_u = 19280,56 \text{ kN}$$

$$A_g = 300 \times 4600 = 1380000 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_{nw} = 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 13,8 \times 10^5 \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 4000}{32 \times 300} \right)^2 \right]$$

$$= 20240000 \text{ N}$$

$$= 20240 \text{ kN} > P_u = 19280,56 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

- Untuk arah Y

$$P_u = 18367,897 \text{ kN}$$

$$A_g = 300 \times 6000 = 18 \times 10^5 \text{ mm}^2$$

$$\phi P_{nw} = 0,55 \times 0,75 \times 40 \times 18 \times 10^5 \left[1 - \left(\frac{0,8 \times 4000}{32 \times 300} \right)^2 \right]$$

$$= 20240000 \text{ N}$$

$$= 20240 \text{ kN} > P_u = 18367,87 \text{ kN} \dots \text{OK}$$

4.4.5.3 Pemeriksaan Tebal Dinding Geser

Tebal dinding dianggap cukup bila dihitung memenuhi (SNI 2847:2013, pasal 11.9.3)

$$\phi V_n = \phi 0,83 \sqrt{f'c} \cdot h \cdot d \geq V_u$$

Di mana:

h = tebal dinding geser

$$d = 0,8 \ell_w$$

- Untuk arah X

$$V_u = 1583,005 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 4600$$

$$= 3680 \text{ mm}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 0,83 \sqrt{40} \times 300 \times 3680$$

$$= 4346487,39 \text{ N}$$

$$= 4346,48 \text{ kN} > V_u = 1583,005 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

- Untuk arah Y

$$V_u = 1150,516 \text{ kN}$$

$$d = 0,8 \times 4600$$

$$= 3680 \text{ mm}$$

$$\phi V_n = 0,75 \times 0,83 \sqrt{40} \times 600 \times 3680$$

$$= 4346487,39 \text{ N}$$

$$= 4346,48 \text{ kN} > V_u = 1150,516 \text{ kN} \dots (\text{OK})$$

4.4.5.4 Kuat Geser Beton

Perhitungan kuat geser yang disumbangkan oleh beton dihitung berdasarkan SNI 2847:2013, pasal 11.9.6.

$$V_c = 0,27 \lambda \sqrt{f'c} \times h \times d + \frac{N_u \times d}{4 \times \ell_w}$$

- Untuk arah X

$$N_u = P_u = 18367,89 \text{ kN}$$

$$\ell_w = 4600 \text{ mm}$$

$$d = 0,8 \times 4600$$

$$= 3680 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{40} \times 300 \times 3680 + \frac{18367,89 \times 3680}{4 \times 6000} \\
 &= 1889079,56 \text{ N} \\
 &= 1889,07 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$Vu > 0,5\phi V_c$$

$$1150,516 \text{ kN} > 0,5 \times 0,75 \times 2464,139 \text{ kN}$$

$$1150,516 \text{ kN} > 708,336 \text{ kN}$$

Karena $Vu > 0,5\phi V_c$, maka $\phi V_n > Vu$.

Di mana:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.1})$$

A_v = luas tulangan horizontal

s = jarak tulangan horizontal

- Untuk arah Y

$$Nu = Pu = 21213,1684 \text{ kN}$$

$$\ell_w = 4600 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 d &= 0,8 \times 4600 \\
 &= 3680 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0,27 \times 1 \times \sqrt{40} \times 300 \times 3680 + \frac{21213,1684 \times 3680}{4 \times 4600} \\
 &= 1888897,02 \text{ N} \\
 &= 1888,89 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$Vu > 0,5\phi V_c$$

$$1150,516 \text{ kN} > 0,5 \times 0,75 \times 2463,230 \text{ kN}$$

$$1150,516 \text{ kN} > 708,336 \text{ kN}$$

Karena $Vu > 0,5\phi V_c$, maka $\phi V_n > Vu$.

Di mana:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{s} \quad (\text{SNI 2847:2013 Pasal 11.9.9.1})$$

A_v = luas tulangan horizontal

s = jarak tulangan horizontal

l

4.4.5.5 Penulangan Geser Dinding Geser

Sedikitnya harus dipakai dua lapis tulangan bila gaya geser di dalam bidang dinding di antara 2 komponen batas melebihi $0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'_c} \times \lambda$, di mana A_{cv} adalah luas *netto* yang dibatasi oleh tebal dan panjang penampang dinding (SNI 2847:2013 pasal 21.9.2.2)

- Arah X

$$\begin{aligned} V_u &= 1583,005 < 0,17 \times (4600 \times 300) \times \sqrt{40} \\ &= 1583,005 \text{ kN} < 1483740,6 \text{ N} \\ &= 1583,005 \text{ kN} < 1483,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka diperlukan minimal dua lapis tulangan

- Arah Y

$$\begin{aligned} V_u &= 1150,516 \text{ kN} < 0,17 \times (4600 \times 300) \times \sqrt{40} \\ &= 1150,516 \text{ kN} < 1483740,6 \text{ N} \\ &= 1150,516 \text{ kN} < 1483,74 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka diperlukan minimal dua lapis tulangan

4.4.5.6 Penulangan Geser Horizontal

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.9.9 rasio tulangan geser horizontal terhadap luas beton bruto penampang vertikal tidak boleh kurang dari 0,0025

- Untuk arah X

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

- $\ell_w / 5 = 4600 / 5 = 920 \text{ mm}$
- $3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$
- 450 mm.

Maka, dipakai jarak tulangan $s = 450 \text{ mm}$.

Dipakai tulangan horizontal dua lapis 2D10 ($A_s = 157,0796327 \text{ mm}^2$)

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{157,0796327}{300 \times 450} = 0,001163553$$

$$\rho_t = 0,001163553 < \rho_{\min} = 0,00376 \text{ ...OK}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v f_y d}{s} \\
 &= \frac{157,079633 \times 390 \times 3680}{450} \\
 &= 539516,17 \text{ N} = 539,516178 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 1889,079 + 539,5161784 \\
 &= 2428,59574 \text{ kN} > V_u = 1583,0054 \text{ kN} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D10 – 450 mm.

- Untuk arah Y

Spasi tulangan geser horizontal tidak boleh melebihi yang terkecil dari:

$$a) \ell_w / 5 = 4600 / 5 = 920 \text{ mm}$$

$$b) 3h = 3 \times 300 = 900 \text{ mm}$$

$$c) 450 \text{ mm.}$$

Maka, dipakai jarak tulangan $s = 450 \text{ mm}$.

Dipakai tulangan horizontal dua lapis 2D10 ($A_s = 157,0796327 \text{ mm}^2$)

$$\rho_t = \frac{A_s}{h \times s} = \frac{157,0796327}{300 \times 450} = 0,001163553$$

$$\rho_t = 0,001163553 < \rho_{\min} = 0,00376 \dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{A_v f_y d}{s} \\
 &= \frac{157,079633 \times 390 \times 4800}{450} \\
 &= 539516,178 \text{ N} = 539,516178 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

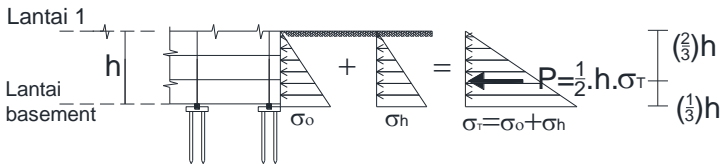
$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \\
 &= 1888,89 + 539,5161784 \\
 &= 2428,413208 \text{ kN} > V_u = 1150,5161 \text{ kN} \dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka, digunakan tulangan geser horizontal 2D10 – 450 mm.4.4

4.4.6 Perencanaan Basement

Perencanaan Basement menggunakan dinding geser yang juga difungsikan sebagai penahan tanah. Tinggi *basement* yang direncanakan memiliki ketinggian 4 m.

4.4.6 1 Penulangan Dinding Basement



Gambar 4. 26 Diagram tegangan yang terjadi pada dinding *basement*

Data perencanaan basement adalah sebagai berikut :

Mutu beton (f'_c)	= 40MPa
Mutu Baja (f_y)	= 420 MPa
Tebal dinding basement (t)	= 30 cm
Diameter Tulangan	= 22 mm
Tinggi Dinding basement	= 4 m
Panjang besmen	= 10,2 m
Tebal selimut beton	= 40 mm

$$d = t - \text{decking} - 1/2 D - D$$

$$= 300 - 40 - 11 - 22 = 227 \text{ mm}$$

Hasil analisa perhitungan, didapatkan $Mu_{max} = 106666667 \text{ Nmm}$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{106666666,7}{0,8} = 133333333,3 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{133333333,3}{10200 \times 227^2} = 0,253680363 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{420} = 0,0033$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,352$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,25}{420}} \right) = 0,00065326\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0033 \times 9200 \times 227 \\ &= 6891,72 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jika dipakai tulangan D22 mm,

$$A_s = 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 379,94 \text{ mm}^2$$

$$n \text{ tulangan} = \frac{6891,72}{379,94} = 18,1389 \text{ buah} \approx 22 \text{ buah}$$

$$S_{\text{max}} = \frac{9200 - 2 \times 40}{22 - 1} = 434,285 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = 22 \times 379,94 = 8358,68 \text{ mm}^2$$

Jadi dipasang tulangan D22-450

- **Kontrol ketebalan minimum dinding besmen**

Menurut SNI 2847:2013 pasal 15.5.3.2 yang menyatakan bahwa tebal dinding *basement* eksterior dan dinding pondasi tidak boleh kurang dari 190 mm.

Dinding *basement* yang dipakai 300 mm.

- **Kontrol Rasio Tulangan**

Menurut SNI 2847:2013 pasal 14.3.3 menyatakan bahwa rasio minimum luas tulangan horizontal terhadap luas beton bruto, ρ_t , harus 0,0020 untuk bentang ulir yang tidak lebih besar dari D-16 dengan f_y tidak kurang dari 420 Mpa

$$\rho_t = \frac{379,94 \times 22}{(9200 \times 300)} = 0,003028 > 0,0020 \text{ (OK)}$$

4.6.1 Penulangan Lantai Parkir *Basement*

- **Pelat Lantai**

Perhitungan pelat A *basement* dengan dimensi 9200 mm x 4600 mm yang dianggap mewakili perhitungan pelat lainnya. Untuk pelat

lantai basement tidak menggunakan beton *precast* melainkan menggunakan beton *cor in situ*. Beban-beban untuk Perkantoran berdasarkan SNI 1727:2012

Elevasi air tanah diasumsikan pada kondisi yang paling berbahaya, yaitu sama dengan permukaan tanah

$$D_f = 4 \text{ m}$$

$$\gamma_w = 1 \text{ t/m}^3$$

$$t = 0,4 \text{ m}$$

σ_h = tekanan hidrostatik oleh air tanah

$$= \gamma_w \times \text{volume basement}$$

$$= 1 \times \text{Luas} \times (D_f + t)$$

$$= 1 \times (9,2 \times 4,6 \times (4 + 0,4)) = 186,208 \text{ ton/m}^2$$

Kombinasi beban pelat

$$1,2q_d + 1,6q_l = 1,4 \times 1063 + 1,6 \times 600 = 2235,6 \text{ kg/m}^2$$

Beban pelat basement ($Q_u = 2235,6 \text{ kg/m}^2$)

$$d_x = 400 - 40 - \frac{1}{2} 22 = 349 \text{ mm}$$

$$d_y = 400 - 40 - 22 - \frac{1}{2} 22 = 327 \text{ mm}$$

4.4.6 2 Perhitungan penulangan tumpuan arah X

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{9162}{4570} = 1,9 < 2 \text{ (pelat dua arah)}$$

$$\text{Mulx}^{(+)} = \text{Mutx}^{(-)} = 0,001 Q_u L_x^2 \times \rightarrow x = 83$$

$$\text{Mulx}^{(+)} = \text{Mutx}^{(-)} = 0,001 \times 2235,6 \times 8,4^2 \times 83 = 13092,7467 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{130927466,88}{0,8} = 163659333,60 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{163659333,60}{9000 \times 349^2} = 0,14929574 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{1 \times 13,109 \times 0,149}{390}} \right) \\ &= 0,000191646 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0036 \times 349 \times 9000 \\
 &= 11275,38462 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jika dipakai tulangan D22 mm,

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 380,1327 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &= \frac{11275,38462}{380,1327} = 29,66170573 \text{ buah} \approx 30 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

$$S_{\max} = \frac{9000 - 2 \times 40}{30 - 1} = 307,5862069 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ pakai} = 30 \times 380,1327 = 11403,98133 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan lentur D22-300

4.4.6 3 Perhitungan penulangan tumpuan arah Y

$$\beta = \frac{L_y}{L_x} = \frac{9162}{4570} = 1,9 < 2 \text{ (pelat satu arah)}$$

$$\text{Muly}^{(+)} = \text{Muty}^{(-)} = 0,001 \text{ Qu } L_y^2 \text{ y} \rightarrow y = 57$$

$$\text{Muly}^{(+)} = \text{Muty}^{(-)} = 0,001 \times 2235,6 \times 9,6^2 \times 57 = 11743,875 \text{ kg.m}$$

$$M_n = \frac{Mu}{\phi} = \frac{117438750,7}{0,8} = 146798438,4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b d x^2} = \frac{146798438,4}{10200 \times 327^2} = 0,134594018 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{perlu} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{13,109} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,109 \times 0,13459}{390}} \right) \\
 &= 0,000346
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} > \rho_{perlu}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_{perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,0036 \times 327 \times 10200 \\
 &= 11973,23077 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jika dipakai tulangan D22 mm,

$$\begin{aligned}
 A_s &= 0,25 \times 3,14 \times 22^2 = 379,94 \text{ mm}^2 \\
 n \text{ tulangan} &= \frac{11973,23}{380,13} = 31,49750185 \text{ buah} \approx 32 \text{ buah} \\
 S_{\max} &= \frac{10200 - 2 \times 40}{32 - 1} = 326,4516129 \text{ mm} \\
 A_s \text{ pakai} &= 32 \times 380,1327 = 12164,24675 \text{ mm}^2 \\
 &\text{Dipasang tulangan lentur D22-300}
 \end{aligned}$$

4.5 Perencanaan Sambungan

4.5 1 Umum

Sambungan berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang dipikul oleh elemen struktur ke elemen struktur yang lainnya. Gaya-gaya tersebut untuk selanjutnya diteruskan ke pondasi. Selain itu desain sambungan dibuat untuk menciptakan kestabilan. Suatu sambungan diharapkan dapat mentransfer beberapa gaya secara bersamaan.

Sambungan basah relatif mudah dalam pelaksanaannya jika dibandingkan dengan sambungan kering (*non topping*) seperti *mechanical connection* dan *welding connection* yang cukup rumit. Untuk sambungan basah dalam daerah *joint*, diberikan tulangan yang dihitung berdasarkan panjang penyaluran dan sambungan lewatan. Selain itu juga dilakukan perhitungan geser friksi yaitu geser beton yang berbeda umurnya antara beton pracetak dengan beton *topping*. Di dalam pelaksanaan biasanya dipakai stud tulangan (*shear connector*) yang berfungsi sebagai penahan geser dan sebagai pengikat antara pelat pracetak dan pelat *topping* agar pelat bersifat secara monolit dalam satu kesatuan integritas struktur.

Dalam pelaksanaan kontruksi beton pracetak, sebuah sambungan yang baik selalu ditinjau dari segi praktis dan ekonomis. Selain itu perlu juga ditinjau *service ability*, kekuatan dan produksi. Faktor kekuatan khususnya harus dipenuhi oleh suatu sambungan karena sambungan harus mampu menahan gaya-gaya yang dihasilkan oleh beberapa macam beban. Beban-beban tersebut dapat berupa beban mati, beban hidup, beban gempa dan kombinasi dari beban-beban tersebut.

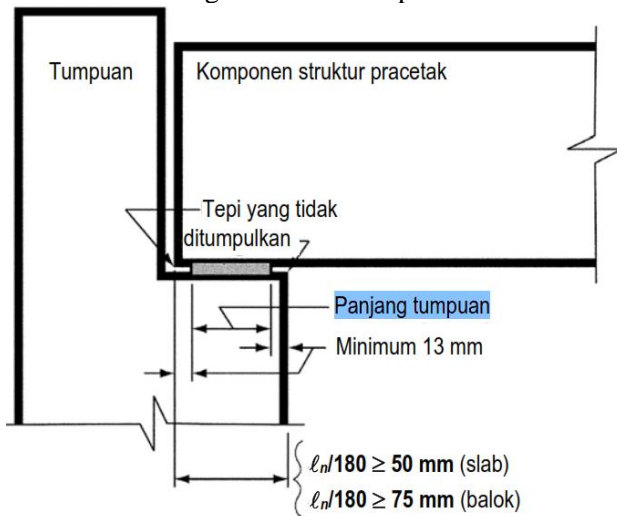
Sambungan antar elemen beton pracetak tersebut harus mempunyai cukup kekuatan, kekakuan dan dapat memberikan kebutuhan daktilitas yang disyaratkan.

Baik sambungan cor setempat maupun sambungan *grouting* sudah banyak dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak yang setara dengan konstruksi cor setempat (*cast in situ*).

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 16.6.2.2, adalah

- $D = 1/180 L_n$
- Untuk slab masif atau inti berongga (*hollow-core*) 50 mm
- Untuk balok atau komponen struktur bertangkai (*stemmed*) 75 mm

Dimana L_n = bentang bersih elemen pracetak

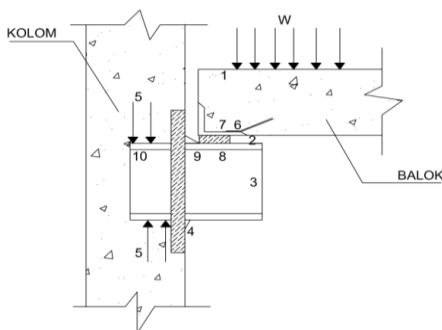


Gambar 4. 27 Panjang Tumpuan pada Tumpuan

4.5 2 Konsep Desain Sambungan

4.5.2.1 Mekanisme Pemindahan Beban

Tujuan dari sambungan adalah memindahkan beban dari satu elemen pracetak ke elemen lainnya atau sebaliknya. Pada setiap sambungan, beban akan ditransfer melalui elemen sambungan dengan mekanisme yang bermacam-macam. Untuk menjelaskan mekanisme pemindahan beban, diambil contoh seperti gambar 8.2 dimana pemindahan beban diteruskan kekolom dengan melalui tahap sebagai berikut :



Gambar 4. 28 Mekanisme Pemindahan Beban

1. Beban diserap pelat dan ditransfer ke perletakan dengan kekuatan geser
2. Perletakan ke *haunch* melalui gaya tekan *pads*
3. *Haunch* menyerap gaya vertikal dari perletakan dengan kekuatan geser dan lentur dari profil baja.
4. Gaya geser vertikal dan lentur diteruskan ke pelat baja melalui titik las.
5. Kolom beton memberikan reaksi terhadap profil baja yang tertanam.

Mekanisme pemindahan gaya tarik akibat susut, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Balok beton ke tulangan dengan lekatan / ikatan.
2. Tulangan baja siku di ujung balok diikat dengan las.
3. Baja siku di ujung balok ke *haunch* melalui gesekan di atas dan di bawah *bearing pads*. Sebagian gaya akibat perubahan volume dikurangi dengan adanya deformasi pada *pads*.
4. Sebagian kecil dari gaya akibat perubahan volume dipindahkan melalui las ke pelat baja.
5. Gaya tersebut ditahan oleh perletakan dan diteruskan oleh *stud* ke kolom beton melalui ikatan / lekatan.

4.5.2.2 Klasifikasi Sistem dan Sambungannya

Sistem pracetak didefinisikan dalam dua kategori yaitu lokasi penyambungan dan jenis alat penyambungan :

1. Lokasi penyambungan

Portal daktail dapat dibagi sesuai dengan letak penyambung dan lokasi yang diharapkan terjadi pelelehan atau tempat sendi

daktailnya. Simbol-simbol di bawah ini digunakan untuk mengidentifikasi perilaku dan karakteristik pelaksanaannya.

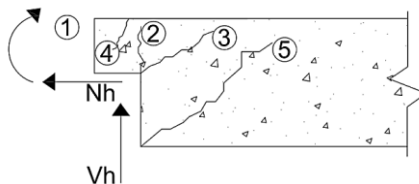
- *Strong*, sambungan elemen-elemen pracetak yang kuat dan tidak akan leleh akibat gempa-gempa yang besar.
- *Sendi*, sambungan elemen-elemen pracetak bila dilihat dari momen akibat beban lateral gempa dapat bersifat sebagai sendi.
- *Daktail*, sambungan elemen-elemen pracetak yang daktail dan berfungsi sebagai pemencar energi.
- Lokasi sendi plastis

2. Jenis alat penyambung

- *Shell pracetak* dengan bagian intinya di cor beton setempat
- *Cold joint* yang diberi tulangan biasa
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint digROUT.
- *Cold joint* yang diberi tulangan pracetak parsial, dimana joint tidak digROUT.
- Sambungan-sambungan mekanik

4.5.2.3 Pola-pola Kehancuran

Sebagian perencanaan diharuskan untuk menguji masing masing pola-pola kehancuran. Pada dasarnya pola kehancuran kritis pada sambungan sederhana akan tampak nyata. Sebagai contoh pada kehancuran untuk sambungan sederhana dapat dilihat pada gambar 4.33



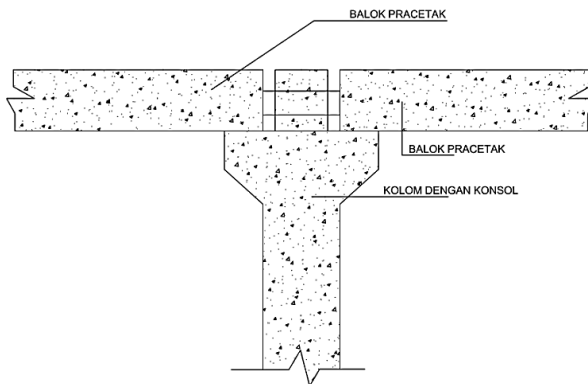
Gambar 4. 29 Model keruntuhan

PCI desain handbook memberikan 5 pola kehancuran yang harus diselidiki pada waktu perencanaan *dapped-end* dari balok yaitu sebagai berikut :

- 1) Lentur dan gaya tarik aksial pada ujung
- 2) Tarik diagonal yang berasal dari sudut ujung

- 3) Geser langsung antar tonjolan dengan bagian utama balok
- 4) Tarik diagonal pada ujung akhir
- 5) Perletakan pada ujung atau tonjolan

Pada tugas akhir ini penulis merencanakan sistem balok pracetak yang mampu menumpu pada kolom dengan bantuan konsol pendek pada saat proses pencapaian penyambungan sebelum komposit sehingga mencapai kekuatan yang benar-benar monolit (menyatu dan berkesinambungan). Berikut disajikan permodelannya dalam gambar 8.4 berikut ini :



Gambar 4. 30 Model Sambungan Balok pada Konsol Kolom

4.5.3 Penggunaan Topping Beton

Penggunaan topping beton komposit disebabkan karena berbagai pertimbangan. Tujuan utamanya adalah :

- 1) Untuk menjamin agar lantai beton pracetak dapat bekerja sebagai satu kesatuan diafragma horizontal yang cukup kaku.
- 2) Agar penyebaran atau distribusi beban hidup vertical antar komponen pracetak lebih merata.
- 3) Meratakan permukaan beton karena adanya perbedaan penurunan atau camber mereduksi kebocoran air.

Tebal topping umumnya berkisar antara 50 mm sampai 100 mm. Pemindahan sepenuhnya gaya geser akibat beban lateral pada komponen struktur komposit tersebut akan bekerja dengan baik selama tegangan geser horizontal yang timbul tidak melampaui $5,50 \text{ kg/cm}^2$. Bila tegangan geser tersebut dilampaui, maka topping beton

tidak boleh dianggap sebagai struktur komposit, melainkan harus dianggap sebagai beban mati yang bekerja pada komponen beton pracetak tersebut. Kebutuhan baja tulangan pada topping dalam menampung gaya geser horizontal tersebut dapat direncanakan dengan menggunakan geser friksi (*shear friction concept*).

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu} \geq A_{vf} \text{ min}$$

dimana :

A_{vf} = luas tulangan geser friksi

V_n = luas geser nominal $< 0,2 f_c A_c$ (Newton)
 $< 5,5 A_c$ (Newton)

A_c = luas penampang beton yang memikul penyaluran geser

F_y = kuat leleh tulangan

μ = koefisien friksi (1)

$A_{vf} \text{ min} = 0,018 A_c$ untuk baja tulangan mutu $< 400 \text{ Mpa}$

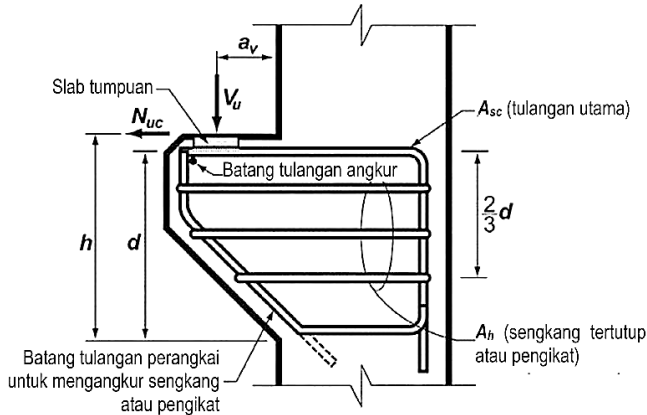
$= 0,018 \times 400/f_y$ untuk tulangan $f_y > 400 \text{ Mpa}$ diukur

pada tegangan leleh 0,35% dalam segala hal tidak boleh kurang dari 0,0014 A_c

4.5.4 Perencanaan Sambungan Balok dan Kolom

4.5.4.1 Perencanaan Konsol pada Kolom

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan kolom dipergunakan sambungan dengan menggunakan konsol pendek. Balok induk diletakan pada konsol yang berada pada kolom yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan. Perencanaan konsol pada kolom tersebut mengikuti persyaratan yang diatur dalam SNI 2847:2013 Pasal 11.8 mengenai konsol pendek. Bentuk konsol pendek yang dipakai dapat dilihat pada gambar 8.3 berikut ini:



Gambar 4. 31 Geometrik Konsol Pendek

Ketentuan SNI 2847:2013 pasal 11.8 tentang perencanaan konsol pendek yang diatur sebagai berikut :

1. Perencanaan konsol pendek dengan rasio bentang geser terhadap tinggi a_v/d tidak lebih besar dari satu, dan dikenai gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc} , tidak lebih besar daripada V_u . Tinggi efektif d harus ditentukan di muka tumpuan
2. Tinggi di tepi luar luas tumpuan tidak boleh kurang dari $0,5d$
3. Penampang di muka tumpuan harus didesain untuk menahan secara bersamaan V_u suatu momen terfaktor $V_{ua} + N_{uc}(h-d)$, dan gaya tarik horizontal terfaktor, N_{uc}
 - 1) Dalam semua perhitungan desain yang sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8, ϕ harus diambil sama dengan 0,75
 - 2) Desain tulangan geser-friksi A_{vf} untuk menahan V_u harus sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.6:
 - a) Untuk beton berat normal, V_n tidak boleh melebihi yang terkecil dari $0,2f'_c b_w d$, $(3,3 + 0,08f'_c)b_w d$, dan $11 b_w d$.
 - b) Untuk beton ringan atau ringan pasir, V_n tidak boleh diambil lebih besar dari yang lebih kecil dari $(0,2 - 0,07 \frac{a}{d})f'_c b_w d$ dan $(5,5 - 1,9 \frac{a}{d})b_w d$
 - c) Tulangan A_f untuk menahan terfaktor

- a. $[V_u a_v + N_{uc}(h - d)]$ harus dihitung menurut SNI 2847:2013 pasal 10.2 dan pasal 10.3
- d) Tulangan A_n untuk menahan gaya Tarik terfaktor N_{uc} harus ditentukan dari $\phi A_n f_y \geq N_{uc}$. Gaya tarik terfaktor, N_{uc} tidak boleh diambil kurang dari $0,2V_u$ kecuali bila ketentuan dibuat untuk menghindari gaya Tarik. N_{uc} harus dianggap sebagai beban hidup bahkan bilamana Tarik yang dihasilkan dari kekangan rangkai, susut, atau perubahan suhu.
- e) Luas tulangan Tarik utama A_{sc} tidak boleh kurang dari yang lebih besar dari $(A_f + A_n)$ dan $\left(\frac{2A_{vf}}{3} + A_n\right)$
4. Luas total A_h , sengkang tertutup atau pengikat parallel terhadap tulangan Tarik utama tidak boleh kurang dari $0,5(A_{sc} - A_n)$, Distribusikan A_h secara merata dalam $(2/3)d$ bersebelahan dengan tulangan tarik utama
5. $\frac{A_{sc}}{b d}$ tidak boleh kurang dari $0,04 \frac{f_{tc}}{f_y}$
6. Pada muka depan konsol pendek, tulangan tarik utama A_s harus diangkur dengan salah satu dari berikut :
 - (a) Dengan las struktur pada batang tulangan transversal dengan sedikit berukuran sama; las didesain untuk mengembangkan f_y tulangan Tarik utama
 - (b) Dengan pembengkokan tulangan tarik utama menjadi bentuk tertutup horizontal atau
 - (c) Dengan suatu cara pengankuran baik lainnya
7. Luas tumpuan pada konsol pendek tidak boleh menonjol melampaui bagian lurus batang tulangan tarik utama A_s , ataupun menonjol melampaui muka dalam dari batang tulangan angkur transversal (bila batang tulangan tersebut disediakan)

4.5.4.2 Perhitungan Konsol pada Kolom

a. Data perencanaan

V_u output analisis dengan software ETABS 2016

$$= 403172,3 \text{ N}$$

Dimensi Balok = 50/70

Dimensi konsol :

$b_w = 500 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}
 h &= 700 \text{ mm} \\
 d &= 700 - 40 - 25 = 635 \text{ mm} \\
 f_c' &= 40 \text{ MPa} \\
 f_y &= 420 \text{ MPa} \\
 a_v &= 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut :

$$a_v/d = 200 / 635 = 0,315 < 1 \text{ ...OK}$$

$$N_{uc} \leq V_u$$

$$N_{uc} = 0,2 \times 403172,3 = 80634,46 \text{ N} \leq 403172,3 \text{ N} \text{ ...OK}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{403172,3}{0,75} = 537563,07 \text{ N}$$

b. Menentukan luas tulangan geser friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$\begin{aligned}
 0,2 f_c' \times b_w \times d &= 0,2 \times 40 \times 500 \times 635 \\
 &= 2540000 \text{ N} > V_n \text{ ...OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 11 b_w d &= 11 \times 500 \times 635 \\
 &= 3492500 \text{ N} > V_n \text{OK}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{vf} &= \frac{V_n}{f_y \times \mu} \\
 &= \frac{537563,07}{420 \times 1,4} \\
 &= 1791,88 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c. Luas tulangan lentur :

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan

deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan N_{uc} minimum.

$$\begin{aligned} Mu &= V_u \times a_v + N_{uc} (h-d) \\ &= (403172,3 \times 200) + (80634,46 \times (700-635)) \\ &= 85875699,9 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times d x^2} = \frac{85875699,9}{0,9 \times 500 \times 635^2} = 0,4733$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,4733}{420}} \right) = 0,0011 \end{aligned}$$

$\rho = 0,0011 < \rho_{\min} = 0,0035$, maka dipakai $\rho = 0,0035$ (Menentukan)

$$A_f = \rho \times b \times d$$

$$A_f = 0,0035 \times 500 \times 635$$

$$A_f = 1111,25 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_f = 1111,25 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok A_s :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{80634,46}{0,75 \times 420} = 255,98 \text{ mm}^2$$

d. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_s = A_f + A_n = 1111,25 + 255,98 = 1367,23 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 1791,88}{3} \right) + 255,98 = 1450,57 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{40}{420} \right) 500 \times 635 = 1209,52 \text{ mm}^2$$

$A_s = 1450,57 \text{ mm}^2$ menentukan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$A_n = 0,5 (A_s - A_n) = 0,5 (1450,57 - 255,98) = 597,29 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 7D13 ($A_s = 928,66 \text{ mm}^2$)

Dipasang sepanjang $(2/3)d = 423,33 = 420 \text{ mm}$ (vertikal)

dipasang 6D13 dengan spasi $420/7 = 60 \text{ mm}$

e. Luas pelat landasan :

$$V_u = \emptyset \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{403172,3}{0,85 \times 40 \times 0,75} = 15810,68 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $150 \times 300 \text{ mm}^2 = 45000 \text{ mm}^2$ ($t = 15 \text{ mm}$).

4.5.4.3 Perhitungan Sambungan Balok - Kolom

Sistem sambungan antara balok dengan kolom pada perencanaan memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijangkarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

a. Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3 maka :

$$l_{dc} = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f_c'}} \right) \times d_b$$

$$l_{dc} = \left(\frac{0,24 \times 420}{1 \times \sqrt{40}} \right) \times 25 = 398,45 \text{ mm} = 400 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} l_{dc} &= (0,043 \cdot f_y) d_b \\ &= 0,043 \times 420 \times 25 = 451,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$l_{dc} = 400 \text{ mm} \quad (\text{menentukan})$$

b. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Berdasarkan 2847:2013 Pasal 12.2.2, maka :

$$\Psi_t = 1,3 \quad ; \quad \Psi_c = 1$$

$$\begin{aligned}
 l_d &= \left(\frac{f_y}{1,7\lambda} \frac{\Psi_t \Psi_e}{\sqrt{f'c}} \right) \times d_b \\
 &= \left(\frac{420}{1,7 \times 1} \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{40}} \right) \times 25 \\
 &= 1269,56 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$l_d > 300 \text{ mm}$ OK

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan tarik $l_d = 1269,56 \text{ mm}$
 $\approx 1270 \text{ mm}$

c. Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5, maka :

$$l_{dh} = \frac{0,24 \psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f'c}} d_b$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$\Psi_e = 1 ; \lambda = 1$$

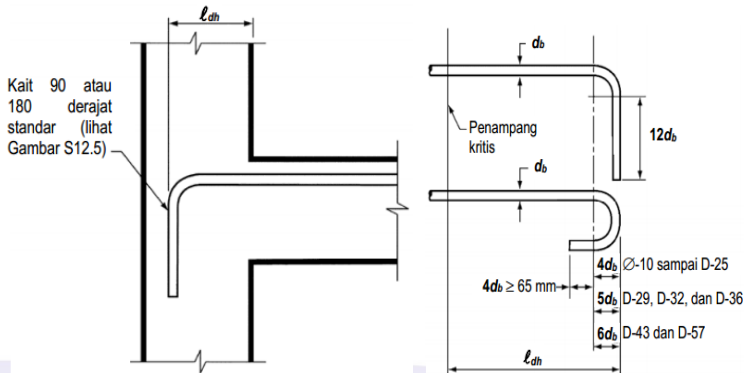
Didapat :

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 420}{1 \times \sqrt{40}} \times 25 = 398,45 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 25 = 200 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 398,45 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \text{OK}$$

Maka dipakai $l_{dh} = 398,45 \approx 400 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 d_b = 12 \times 25 = 300 \text{ mm}$



Gambar 4. 32 Panjang Penyaluran Kait Standar Balok Induk

d. Kontrol Sambungan Balok Kolom (*Beam Column Joint*)

Gaya geser yang mungkin terjadi pada sambungan balok kolom adalah $T1 + T2 - V_h$. $T1$ dan $T2$ diperoleh dari tulangan Tarik balok-balok yang menyatu dihubungan balok kolom.

$$\begin{aligned} T_1 &= A_s \times 1,25 f_y = 1139,82 \times 1,25 \times 420 \\ &= 598405,5 \text{ N} = 598,41 \text{ kN} \\ T_2 &= A_s' \times 1,25 f_y = 1139,82 \times 1,25 \times 420 \\ &= 598405,5 \text{ N} = 598,41 \text{ kN} \end{aligned}$$

Menghitung besarnya V_h

Perhitungan M_{pr}^- dengan tulangan 3D25 ($A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$)

$$a = \frac{A_s' (1,25 \times f_y)}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1139,82 (1,25 \times 420)}{0,85 \times 40 \times 600} = 29,33 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^- &= A_s' (1,25 \times f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1139,82 \times (1,25 \times 420) \left(1035 - \frac{29,33}{2} \right) \\ &= 610572997,8 \text{ Nmm} = 610,57 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Perhitungan M_{pr}^+ dengan tulangan 3D25 ($A_s = 1139,82 \text{ mm}^2$)

$$a = \frac{A_s (1,25 \times f_y)}{0,85 \times f'_c \times b} = \frac{1139,82 (1,25 \times 420)}{0,85 \times 40 \times 600} = 29,33 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_{pr}^+ &= A_s (1,25 \times f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right) = 1139,82 \times (1,25 \times 420) \left(1035 - \frac{29,33}{2} \right) \\ &= 610572997,8 \text{ Nmm} = 610,57 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Besarnya V_h dihitung dengan rumus :

$$Mu = \frac{M_{pr}^- + M_{pr}^+}{2} = \frac{610,57 + 610,57}{2} = 610,57 \text{ kNm}$$

$$V_h = \frac{M_u}{L_n/2} = \frac{610,57}{(12-1,1)/2} = 112,03 \text{ kN}$$

$$V = T_1 + T_2 - V_h \\ = 598,41 + 598,41 - 112,03 = 1084,78 \text{ kN}$$

Untuk hubungan balok kolom yang terkekang pada keempat sisinya berlaku kuat geser nominal :

$$\phi V_c = \phi 1,7 A_j \sqrt{f'_c}$$

dimana :

$\phi = 0,75$ sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.3.2.3

V_c = Kuat geser beton berat nominal

A_j = Luas penampang efektif dalam HBK

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi 1,7 A_j \sqrt{f'_c} \\ &= 0,75 \times 1,7 \times 1210000 \times \sqrt{40} \\ &= 9757207,7 \text{ N} = 9757,21 \text{ kN} > 1084,78 \text{ kN} \dots \text{OK Sambungan} \end{aligned}$$

Aman

4.5.4.4 Perhitungan Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Pada perencanaan sambungan antara balok induk dan balok anak digunakan sambungan dengan konsol pendek. Balok anak diletakkan pada konsol yang berada pada balok induk yang kemudian dirangkai menjadi satu kesatuan.

4.5.4.5 Perencanaan Konsol pada Balok Induk

$V_u = 23587,23 \text{ N}$ (dari analisis struktur sekunder)

Dimensi Balok Anak = 30/50

Dimensi konsol :

$b_w = 300 \text{ mm}$

$h = 500 \text{ mm}$

$d = 500 - 15 - (0,5 \times 22) = 374 \text{ mm}$

$f'_c = 40 \text{ MPa}$

$f_y = 420 \text{ MPa}$

$a_v = 100 \text{ mm}$

$a/d = 100 / 374 = 0,211 < 1 \quad \text{OK}$

Ketentuan yang digunakan dalam perencanaan konsol pendek sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8. Untuk dapat menggunakan SNI 2847:2013 Pasal 11.8, maka geometri konsol pendek serta gaya yang terjadi pada konsol pendek tersebut harus sesuai dengan yang

diisyaratkan oleh SNI 2847:2013 Pasal 11.8.1. Syarat tersebut adalah sebagai berikut :

- $a/d = 100 / 474 = 0,211 < 1 \dots \text{OK}$

- $N_{uc} \leq V_u$

$$N_{uc} = 0,2 \times 23587,23 = 4717,45 \text{ N} \leq 23587,2 \text{ N} \dots \text{OK}$$

Sesuai SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.1, syarat nilai kuat geser

V_n untuk beton normal adalah

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{23587,23}{0,75} = 31449,64 \text{ N}$$

a. Menentukan luas tulangan geser friksi

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 11.8.3.2 (a), untuk beton normal, kuat geser V_n tidak boleh diambil lebih besar daripada :

$$0,2 f_c' \times b_w \times d = 0,2 \times 40 \times 300 \times 474$$

$$= 1137600 \text{ N} > V_n \dots \text{OK}$$

$$11 b_w d = 11 \times 300 \times 474$$

$$= 1564200 \text{ N} > V_n \dots \text{OK}$$

$$A_{vf} = \frac{V_n}{f_y \times \mu}$$

$$= \frac{31449,64}{420 \times 1,4}$$

$$= 53,49 \text{ mm}^2$$

b. Luas tulangan lentur

Perletakan yang akan digunakan dalam konsol pendek ini adalah sendi-rol yang mengijinkan adanya deformasi arah lateral ataupun horizontal, maka gaya horizontal akibat susut jangka panjang dan deformasi rangka balok tidak boleh terjadi. Maka sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4, akan digunakan N_{uc} minimum.

$$M_u = V_u \times a_v + N_{uc} (h-d)$$

$$= (23587,23 \times 100) + (4717,45 \times (500-474))$$

$$= 2481376,2 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times b \times d x^2} = \frac{2481376,22}{0,8 \times 300 \times 474^2} = 0,05$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 12,35 \times 0,05}{420}} \right) = 0,00011$$

$\rho = 0,00011 < \rho_{\min} = 0,0035$, maka dipakai $\rho = 0,0035$
(Menentukan)

$$A_{f2} = \rho \times b \times d$$

$$A_{f2} = 0,0035 \times 300 \times 474$$

$$A_{f2} = 497,7 \text{ mm}^2$$

Jadi dipakai $A_f = 497,7 \text{ mm}^2$

Tulangan pokok As :

$$A_n = \frac{N_{uc}}{\phi \times f_y} = \frac{4717,45}{0,75 \times 420} = 14,98 \text{ mm}^2$$

c. Pemilihan tulangan yang digunakan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.5

$$A_s = A_f + A_n = 497,7 + 14,98 = 512,68 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \left(\frac{2 \times A_{vf}}{3} + A_n \right) = \left(\frac{2 \times 58,49}{3} \right) + 14,98 = 50,63 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.5

$$A_{s_{\min}} = 0,04 \left(\frac{f_c'}{f_y} \right) b \times d = 0,04 \left(\frac{40}{420} \right) 300 \times 474 = 541,71 \text{ mm}^2$$

$A_s = 513 \text{ mm}^2$ menentukan

Sesuai dengan SNI 2847:2013 pasal 11.8.3.4

$$A_n = 0,5 (A_s - A_n) = 0,5 (512,68 - 14,98) = 248,85 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan 3D13 ($A_s = 398,20 \text{ mm}^2$)

Dipasang sepanjang $(2/3)d = 316 = 320 \text{ mm}$ (vertikal)

dipasang 3D13 dengan spasi $320/3 = 106,67 \text{ mm}$

d. Luas pelat landasan

$$V_u = \emptyset \times (0,85) \times f_c \times A_l$$

$$A_l = \frac{23587,23}{0,85 \times 40 \times 0,75} = 924,99 \text{ mm}^2$$

dipakai pelat landasan $100 \times 200 \text{ mm}^2 = 20000 \text{ mm}^2$ ($t = 15 \text{ mm}$).

4.5.4.6 Perencanaan Sambungan Balok Induk – Balok Anak

Sistem sambungan antara balok dengan balok anak pada perencanaan ini memanfaatkan panjang penyaluran dengan tulangan balok, terutama tulangan pada bagian bawah yang nantinya akan dijajarkan atau dikaitkan ke atas.

Panjang penyaluran diasumsikan menerima tekan dan juga menerima tarik, sehingga dalam perencanaan dihitung dalam dua kondisi, yaitu kondisi tarik dan kondisi tekan.

$$d_b = 22 \text{ mm}$$

a. Panjang penyaluran tulangan deform dalam tekan

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.3 maka :

$$l_{dc} = \left(\frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) \times d_b$$

$$l_{dc} = \left(\frac{0,24 \times 420}{1 \times \sqrt{40}} \right) \times 22 = 350,63 \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = (0,043 \cdot f_y) d_b$$

$$= 0,043 \times 420 \times 22 = 397,32 \text{ mm}$$

$$l_{dc} = 397,32 \text{ mm} \quad (\text{menentukan})$$

b. Panjang Penyaluran Tulangan Tarik

Berdasarkan 2847:2013 Pasal 12.2.2, maka :

$$\Psi_t = 1,3 \quad ; \quad \Psi_e = 1$$

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,7 \lambda} \frac{\Psi_t \Psi_e}{\sqrt{f'_c}} \right) \times d_b$$

$$= \left(\frac{420}{1,7 \times 1} \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{40}} \right) \times 22$$

$$= 1290,05 \text{ mm}$$

$$l_d > 300 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan tarik $l_d = 1290,05 \text{ mm}$
 $\approx 1300 \text{ mm}$

c. Panjang Penyaluran Kait Standar dalam Tarik

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 12.5, maka :

$$l_{dh} = \frac{0,24 \psi_e f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b$$

$$l_{dh} \geq 8d_b$$

$$l_{dh} \geq 150 \text{ mm}$$

$$\Psi_e = 1 ; \lambda = 1$$

Didapat :

$$l_{dh} = \frac{0,24 \times 1 \times 420}{1 \times \sqrt{40}} \times 22 = 404,88 \text{ mm}$$

$$l_{dh} \geq 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

$$l_{dh} = 404,88 \text{ mm} \geq 176 \text{ mm} \quad \text{.....OK}$$

Maka dipakai $l_{dh} = 404,88 \approx 400 \text{ mm}$ dengan bengkokan minimum panjang penyaluran yang masuk kedalam kolom dengan panjang kait standar 90° sebesar $12 d_b = 12 \times 22 = 264 \text{ mm}$.

4.5.5 Perencanaan Sambungan Pelat dan Balok

Sambungan antara balok dengan pelat mengandalkan adanya tulangan tumpuan yang dipasang memanjang melintas tegak lurus di atas balok (menghubungkan stud – stud pelat). Selanjutnya pelat pracetak yang sudah dihubungkan stud-studnya tersebut diberi overtopping dengan cor setempat.

4.5.4.1 Panjang Penyaluran Tulangan Pelat Type HS

Berdasarkan perhitungan pada bab sebelumnya, didapatkan hasil penulangan pada pelat type HS sebagai berikut :

$$d_b = 12 \text{ mm}$$

Berdasarkan 2847:2013 Pasal 12.2.2, maka :

$$\Psi_t = 1,3; \Psi_e = 1$$

$$\begin{aligned}
 l_d &= \left(\frac{f_y}{2,1\lambda} \frac{\Psi_t \Psi_e}{\sqrt{f'_c}} \right) \times d_b \\
 &= \left(\frac{420}{2,1 \times 1} \frac{1,3 \times 1}{\sqrt{40}} \right) \times 12 \\
 &= 493,32 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$l_d > 300 \text{ mm} \dots \text{OK}$$

Maka dipakai panjang penyaluran tulangan tarik $l_d = 493,32 \text{ mm}$
 $\approx 500 \text{ mm}$

4.6 Perencanaan Pondasi

4.6.1 Umum

Pondasi merupakan komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Untuk merencanakan pondasi harus memperhatikan beberapa hal diantaranya jenis tanah, kondisi tanah dan struktur tanah, karena sangat berkaitan dengan daya dukung tanah tersebut dalam memikul beban yang terjadi diatasnya. Perencanaan ini meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, perencanaan poer (pile cap) dan perencanaan sloof (tie beam).

4.6.2 Data Tanah

Data tanah yang diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Perencanaan pembangunan gedung Grand Kamala Lagoon sehingga data tanah yang diperlukan untuk perencanaan pondasi didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur akan dibangun.

4.6.3 Spesifikasi Tiang Pancang

Pondasi direncanakan menggunakan pondasi tiang pancang jenis pencil pile shoe beton pracetak dengan bentuk penampang bulat berongga produk dari PT WIKA BETON. Berikut spesifikasi tiang pancang yang direncanakan.

Data Tiang Pancang

Diameter Outside	= 1000 mm
Wall thickness	= 140 mm

Class = A2

Allowable Axial load = 522 Ton

4.6.4 Perhitungan Pondasi Tiang Pancang

4.6.4.1 Perhitungan Tiang Pancang

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu ETABS, output reaksi perletakan akibat kombinasi 1DL+1LL+1E, output masing-masing joint reaksi dijumlahkan untuk nantinya dijadikan perhitungan. Berikut seperti yang terdapat pada table berikut:

Tabel 4. 21 Reaksi Terbesar Pada Tiap Joint

No	Hx	Hy	P	Mx	My	Mz
1	109,31	2055,59	3373,08	1038,48	550,43	2,58
2	106,23	63,11	8292,59	514,25	533,51	0,01
3	88,70	91,31	8875,73	486,73	505,72	0,01
4	107,23	95,04	5085,70	481,60	535,18	0,01
5	105,33	83,00	4191,78	501,69	527,35	0,01
6	174,57	95,22	15791,68	502,58	639,32	0,01
7	2581,56	-7,51	6420,60	42,13	166,83	2,42
8	2635,93	7,51	8933,10	-10,57	167,39	2,42
9	180,15	95,09	6286,31	502,46	650,35	0,01
10	1453,47	1518,82	5339,04	1027,60	1019,46	2,56
11	105,50	601,65	7730,18	1006,38	539,33	2,52
12	188,18	90,04	4907,35	487,53	661,03	0,01
13	187,91	85,98	13412,35	494,83	662,68	0,01
14	97,87	63,47	8319,69	513,78	520,31	0,01
15	68,01	2077,54	11692,00	1077,29	484,56	2,58
16	-7,92	86,47	12942,27	494,43	349,44	0,01
17	-13,04	1539,00	12843,40	1027,44	1039,58	2,60
18	66,27	596,72	11868,26	1008,47	476,13	2,52

19	-7,92	90,49	12868,29	487,39	347,09	0,01
20	633,19	92,72	5560,88	476,42	1042,72	2,46
21	2056,89	99,87	8552,44	468,16	1067,37	2,42
22	86,98	82,91	8062,21	501,77	497,53	0,01
23	108,03	108,03	10714,53	443,52	531,60	0,01
24	16,40	94,97	10935,33	502,50	386,06	0,01
25	-88,37	0,35	8810,06	41,93	160,95	2,46
26	95,95	103,08	3453,57	449,77	511,82	0,01
27	-92,41	6,25	8713,50	-8,91	161,94	2,46
28	18,11	96,99	6497,37	499,88	391,17	0,01
29	1560,64	20,49	5329,07	1025,12	1068,76	2,66
30	609,32	67,45	10212,02	520,55	1057,96	2,46
31	2119,71	67,61	12964,17	520,45	1047,11	2,42
32	-19,32	12,23	20408,49	993,87	1043,41	2,70
33	2447,81	-316,91	17355,93	499,83	162,32	2,63
34	2347,69	2449,02	7145,32	512,10	160,96	2,61
35	-213,48	-271,98	8850,11	502,43	212,34	2,68
36	-181,07	2408,54	10699,99	516,51	212,55	2,68

Nilai-nilai pada tabel diatas dijumlahkan untuk dijadikan input perhitungan pondasi.

$$\sum P = 33343,8 \text{ t}$$

$$\sum M_{ux} = 2015,0 \text{ tm}$$

$$\sum M_{uy} = 2009,0 \text{ tm}$$

$$\sum H_x = 1973,3 \text{ t}$$

$$\sum H_y = 1445,0 \text{ t}$$

4.6.4 2 Analisa Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung tanah pada pondasi (QL) ini dilakukan berdasarkan hasil uji SPT (Standard Penetration Test) dengan

menggunakan metode Luciano Decourt. Dengan Perumusan Sebagai Berikut:

$$QL = Q_p + Q_s$$

Dimana :

$$Q_p = q_p \times A_p$$

A_p = Luas Penampang diujung tiang

$$q_p = \text{Tegangan diujung tiang} = N_p \times K$$

N_p = harga rata-rata SPT 4B diatas dasar pondasi dan 4B dibawah dasar pondasi, dengan B adalah diameter tiang.

K = Koefisien karakteristik tanah.

$$= 12 \text{ t/m}^2 \text{ (Lempung)}$$

$$= 20 \text{ t/m}^2 \text{ (Lanau Berlempung)}$$

$$= 25 \text{ t/m}^2 \text{ (Lanau Berpasir)}$$

$$= 40 \text{ t/m}^2 \text{ (Pasir)}$$

$$Q_s = q_s \times A_s$$

A_s = Luasan selimut tiang yang pancang terbenam

$$q_s = \text{Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m}^3 = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right)$$

N_s = harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan $3 < N < 50$.

4.6.4.3 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Pada Perhitungan kali ini diambil pada kedalaman 33 m. Untuk nilai N_1, N_2 dan N_3 diambil berdasarkan besar N SPT di sekitar kedalaman 52,5 m.

$$K = 12 \text{ t/m}^2 \text{ (Lempung)}$$

$$q_p = N_p \times K = \frac{N_1 + N_2 + N_3}{4D} \times K = \frac{33 + 38 + 40}{4 \times 1000} \times 12$$

$$= 333 \text{ t/m}^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 1^2 = 0,79 \text{ m}^2$$

$$Q_p = q_p \times A_p = 333 \times 0,79 = 261,405 \text{ Ton}$$

$$N_s = (\Sigma N_i / i) = 902 / 36 = 25,1 \text{ t/m}^2$$

$$A_s = \pi \times D \times h_i = \pi \times 1 \times 52,5 = 165 \text{ m}^2$$

$$Q_s = \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s = \left(\frac{25,1}{3} + 1 \right) \times 164,85 = 1542 \text{ Ton}$$

$$QL = Q_p + Q_s = 1541 + 261,4 = 1803 \text{ Ton}$$

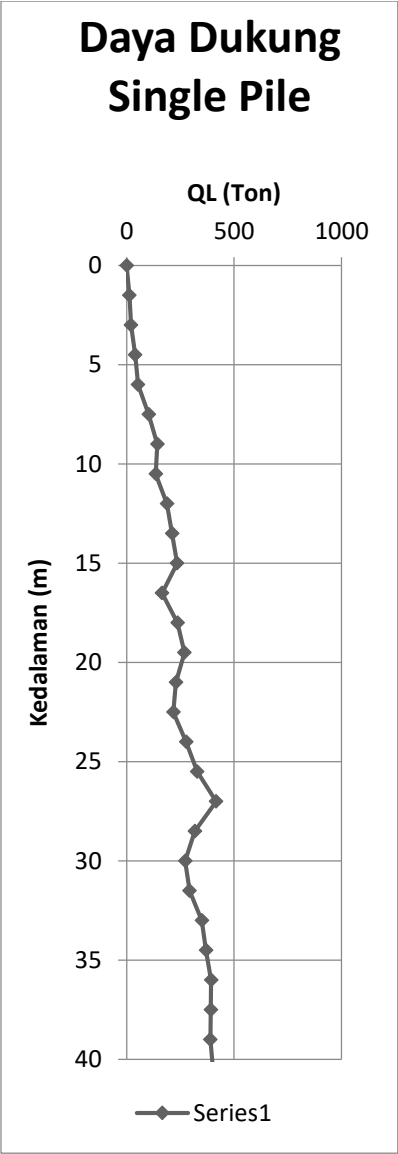
$$SF = 3$$

$$Q_{ijin} = QL / SF = 1803 / 3 = 601,01 \text{ Ton}$$

Untuk daya dukung tiang pancang tunggal di kedalaman lain bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 22 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

No	Depth m	N	N _p	K t/m ²	q _p t/m ²	A _p m ²	Q _p T	Σn _i	N _s	A _s m ²	Q _S Ton	Q _L Ton	SF	Q _{ijin} Ton
1	0	0	0,0	12	0	0,785	0	0	0,0	0,00	0	0,00	3	0
2	1,5	2	2,0	20	40	0,785	31,4	2	1,0	4,71	6,28	37,68	3	12,56
3	3	6	2,8	20	55	0,785	43,175	8	2,7	9,42	17,79333	60,97	3	20,32
4	4,5	3	4,8	25	118,75	0,785	93,21875	11	2,3	14,13	24,7275	117,95	3	39,32
5	6	10	5,8	25	143,75	0,785	112,8438	21	4,2	18,84	45,216	158,06	3	52,69
6	7,5	10	7,8	40	310	0,785	243,35	31	5,2	23,55	64,10833	307,46	3	102,5
7	9	11	11,0	40	440	0,785	345,4	42	6,0	28,26	84,78	430,18	3	143,4
8	10,5	23	14,5	25	362,5	0,785	284,5625	65	8,1	32,97	122,2638	406,83	3	135,6
9	12	24	20,5	25	512,5	0,785	402,3125	89	9,9	37,68	161,8844	564,20	3	188,1
10	13,5	35	21,3	25	531,25	0,785	417,0313	124	12,4	42,39	217,602	634,63	3	211,5
11	15	26	28,3	20	565	0,785	443,525	150	13,6	47,10	261,1909	704,72	3	234,9
12	16,5	52	29,0	12	348	0,785	273,18	202	16,8	51,81	342,5217	615,70	3	165
13	18	38	32,5	12	390	0,785	306,15	240	18,5	56,52	404,3354	710,49	3	236,8
14	19,5	40	21,5	20	430	0,785	337,55	280	20,0	61,23	469,43	806,98	3	269
15	21	8	12,8	20	255	0,785	200,175	288	19,2	65,94	487,956	688,13	3	229,4
16	22,5	3	9,8	20	195	0,785	153,075	291	18,2	70,65	498,9656	652,04	3	217,3
17	24	28	14,5	25	362,5	0,785	284,5625	319	18,8	75,36	546,7294	831,29	3	277,1
18	25,5	27	20,0	25	500	0,785	392,5	346	19,2	80,07	593,1111	985,61	3	328,5
19	27	25	19,5	40	780	0,785	612,3	371	19,5	84,78	636,5937	1248,89	3	416,3
20	28,5	26	17,3	20	345	0,785	270,825	397	19,9	89,49	681,6155	952,44	3	317,5
21	30	18	11,0	12	132	0,785	103,62	415	19,8	94,20	714,7238	818,34	3	272,8
22	31,5	16	8,5	20	170	0,785	133,45	431	19,6	98,91	744,8223	878,27	3	292,8
23	33	35	12,8	25	318,75	0,785	250,2188	464	20,2	103,62	800,427	1050,65	3	350,2
24	34,5	32	16,8	20	335	0,785	262,975	490	20,4	108,33	845,5758	1108,55	3	369,5
25	36	38	17,5	20	350	0,785	274,75	525	21,0	113,04	904,32	1179,07	3	393
26	37,5	24	15,5	20	310	0,785	243,35	539	20,7	117,75	931,4327	1174,78	3	391,6
27	39	28	13,0	20	260	0,785	204,1	557	20,6	122,46	964,5615	1168,66	3	389,6
28	40,5	26	13,5	20	270	0,785	211,95	572	20,4	127,17	993,1371	1205,09	3	401,7
29	42	38	16,0	12	192	0,785	150,72	587	20,2	131,88	1021,691	1172,41	3	390,8
30	43,5	42	20,0	40	800	0,785	628	605	20,2	136,59	1054,778	1682,78	3	560,9
31	45	39	20,3	12	243	0,785	190,755	609	19,6	141,30	1066,587	1257,34	3	419,1
32	46,5	28	16,8	20	335	0,785	262,975	611	19,1	146,01	1075,303	1338,28	3	446,1
33	48	30	14,5	40	580	0,785	455,3	589	17,8	150,72	1047,428	1502,73	3	500,9
34	49,5	40	17,5	12	210	0,785	164,85	591	17,4	155,43	1056,01	1220,86	3	407
35	51	33	18,3	20	365	0,785	286,525	584	16,7	160,14	1050,823	1337,35	3	445,8
36	52,5	38	27,8	12	333	0,785	261,405	614	25,1	164,85	1541,653	1803,06	3	601
37	54	40	19,5	12	234	0,785	183,69	651	17,6	169,56	1164,006	1347,70	3	449,2
38	55,5	43	20,8	12	249	0,785	195,465	666	17,5	174,27	1192,374	1387,84	3	462,6
39	57	49	23,0	12	276	0,785	216,66	688	17,6	178,98	1231,444	1448,10	3	482,7
40	58,5	42	22,8	12	273	0,785	214,305	705	17,6	183,69	1262,869	1477,17	3	492,4
41	60	47	22,3	12	267	0,785	209,595	726	17,7	188,40	1300,42	1510,01	3	503,3



Gambar 4. 33 Grafik Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

4.6.5 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Kolom

Pondasi tiang pancang direncanakan dengan diameter 50 cm.

- **Jumlah tiang pancang dalam 1 grup**

$$n = \frac{\Sigma P}{Q \text{ ijin}} = \frac{35540,3}{601,1} = 60 \approx 144 \text{ Buah}$$

- **Efisiensi daya dukung tiang pancang kelompok**

$$\begin{aligned} \eta &= 1 - \left\{ \arctg \left(\frac{D}{S} \right) \left(\frac{(m-1).n + (n-1).m}{90.m.n} \right) \right\} \\ &= 1 - \arctg \left(\frac{(16-1).9 + (9-1).16}{90.16.9} \right) \\ &= 0,558 \end{aligned}$$

- **Syarat :**

$$\Sigma P < Q \text{ kelompok}$$

$$35540,3 \text{ Ton} < Q_{ijin} \times n \times \eta$$

$$35540,3 \text{ Ton} < 601 \times 144 \times 0,588$$

$$35540,3 \text{ Ton} < 48259,18 \text{ Ton (Ok)}$$

4.6.5.1 Kontrol Beban Maksimum Tiang (P_{\max}) Kolom

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{\max} = \frac{\Sigma V}{n} + \frac{M_x \times y_{\max}}{\Sigma y_i^2} + \frac{M_y \times x_{\max}}{\Sigma x_i^2} \leq P_{ijin(1 \text{ tiang})}$$

Perhitungan Beban Aksial Maksimum Pada Pondasi Kelompok

a. Reaksi kolom $= 33344 \text{ ton}$

b. Berat poer $= 2196,4 \text{ ton} +$

Berat total (ΣV) $= 35540,3 \text{ ton}$

Momen yang bekerja :

$$\begin{aligned} M_x &= M_{ux} + (H_y \times t_{poer}) = 2015,04 + (1445,02 \times 0,8) \\ &= 3171,05 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_y &= M_{uy} + (H_x \times t_{poer}) = 2009,22 + (1973,4 \times 0,8) \\ &= 3587,8 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$P_{\max} = \frac{35540,3}{144} + \frac{(3587,9 \times 2,8)}{(4 \times 2,8^2)} + \frac{(3171,05 \times 2,8)}{(6 \times 1,8^2)}$$

$$= 254,4 \leq 522$$

4.6.5.2 Kontrol Kekuatan Tiang Pancang Kolom Terhadap Kekuatan Aksial

Tiang Pancang Berdasarkan spesifikasinya tidak diperkenankan menerima gaya aksial sebagai berikut:

$$\text{Allowable axial load} = 522 \text{ Ton}$$

Syarat:

$$P_{\max} < P_{\text{ijin}}$$

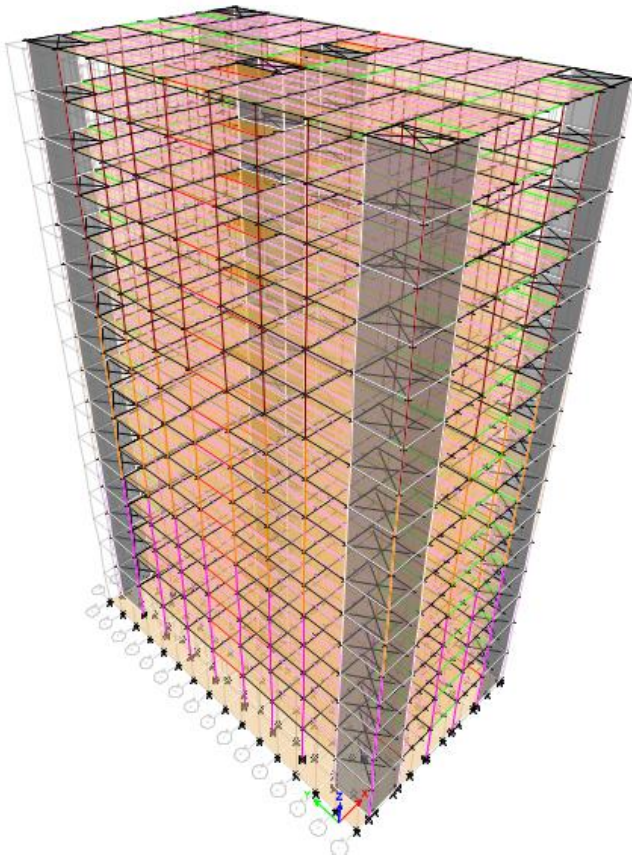
$$254,4 \text{ Ton} < 522 \text{ Ton (Ok)}$$

4.6.5.3 Perencanaan Poer Pada Pondasi Kolom

Poer direncanakan untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Oleh karena itu poer harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

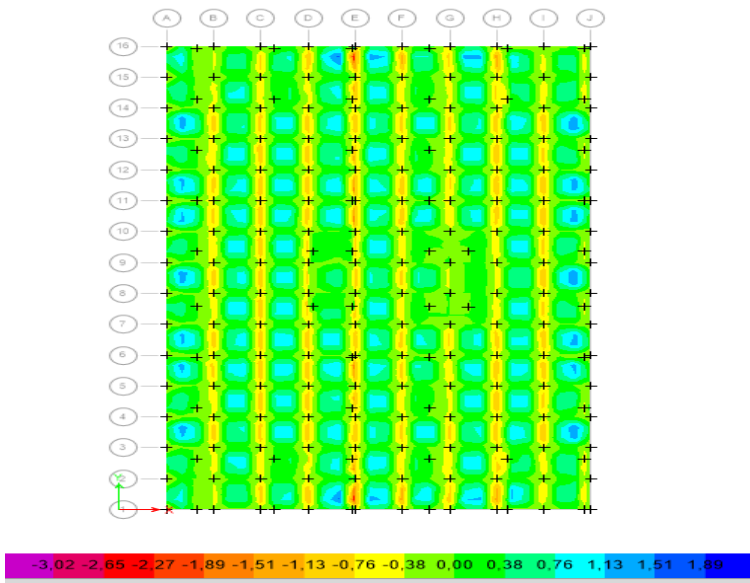
- Data Perencanaan :

Σn	= 144 buah
Dimensi Kolom	= 1000 x 1000 mm ²
Dimensi Poer	= 26 x 44 x 0,8 m ³
Mutu beton (f'c)	= 40 Mpa
Mutu baja (fy)	= 420 Mpa
Dtulangan	= 25 mm
decking	= 75 mm
dx	= h-decking-½D = 1000-75-½.25 = 712,5mm
dy	= h-decking-D-½D = 1000-75-25-½.25 = 687,5 mm

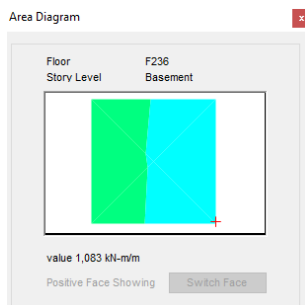


Gambar 4. 34 Pemodelan Pilecap Pada ETABS

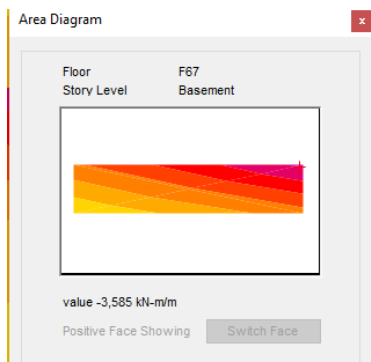
Dari hasil pemodelan pondasi didapatkan momen max pada poer diperlihatkan pada gambar 4.75 dan 4.76. Diagram momen max yang terjadi pada poer diperlihatkan pada gambar 4.74.



Gambar 4. 35 Diagram Momen Max Pada Poer Menggunakan Program Bantu ETABS



Gambar 4. 36 Momen Max Positif yang Terjadi Pada Poer Menggunakan Program Bantu ETABS



Gambar 4. 37 Momen Max Negatif yang Terjadi Pada Poer Menggunakan Program Bantu ETABS

- Kontrol Geser Pons

Dalam merencanakan poer harus dipenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2002 Pasal 13.12(2). Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari perumusan berikut:

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$V_c = 0,33 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot b_o \cdot d$$

$$\beta = \text{rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi.}$$

$$= 1000/1000 = 1$$

$$b_o = \text{Keliling penampang kritis pada poer}$$

$$= 25746 \text{ mm}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 25746 \cdot 713 = 4438 \text{ T}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 0,33 \cdot 1 \cdot \sqrt{40} \cdot 25746 \cdot 713 = 2871,4 \text{ T}$$

syarat:

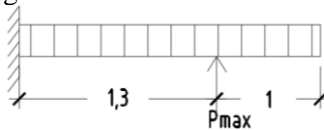
$$P_u < \phi V_c$$

$$2040,8 \text{ T} < 2871 \text{ T} \quad (\text{Ok})$$

Jadi ketebalan dan ukuran poer yang direncanakan memenuhi syarat terhadap geser pons.

- Penulangan Poer

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat (P) di tiang kolom yang berasal dari gaya perlawanan tanah (beban ijin terpusat dari tiang) dan beban terbagi rata (q) yang berasal dari berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.



Gambar 4. 38 Mekanika Beban Poer

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= 511,9 \text{ T} \\
 Q_{\text{poer}} &= h \times b \times \text{BJ Beton} = 0,8 \times 26 \times 2,4 = 49,92 \text{ t/m} \\
 \text{Momen} &= 2 \times 511,9 \times 2,8 - \frac{1}{2} \times 49,92 \times 4,60^2 = 374 \text{ Ton.m} \\
 &= 23387419237 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Penulangan Arah X

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 1,4/f_y = 1,4/420 = 0,0030 \\
 R_n &= \frac{M}{\phi \cdot b \cdot d^2} = \frac{23387419237}{0,9 \times 26000 \times 712,5^2} = 1,97 \\
 m &= \frac{f_y}{0,85 \times f'c} = \frac{420}{0,85 \times 40} = 12,35 \\
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{12,35} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 12,35 \times 1,97}{420}} \right) = 0,00483
 \end{aligned}$$

Maka digunakan $\rho = 0,00483$

$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \times b \times d = 0,00483 \times 1000 \times 712,5 = 3443 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ tulangan}} = \frac{1}{4} \pi D^2 = \frac{1}{4} \pi 25^2 = 491 \text{ mm}^2$$

$$S_{\text{tulangan}} = \frac{1000}{(3443/491)} = 142,5 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}$$

Penulangan lentur bawah D25-125 mm (3925 mm²).

Untuk penulangan lentur atas digunakan $\frac{1}{2}$ Lentur bawah, maka penulangannya D19-125 mm.

4.7 Metode Pelaksanaan

4.7.1 Umum

Dalam setiap pekerjaan konstruksi, metode pelaksanaan merupakan pertimbangan penting yang tidak bisa dipisahkan. Apalagi menyangkut struktur beton pracetak. Untuk merencanakan beton pracetak, terlebih dahulu harus diketahui apakah struktur tersebut bisa dilaksanakan. Tahap pelaksanaan ini akan diuraikan mengenai item – item pekerjaan konstruksi dan pembahasan mengenai pelaksanaan yang berkaitan dengan penggunaan material – material beton pracetak, proses pekerjaan yang dilakukan di proyek ini adalah;

- Proses pencetakan secara pabrikasi di Industri pracetak. Hal – hal yang perlu dipertimbangkan dengan proses pabrikasi adalah:
 - a. Perlunya standart khusus sehingga hasil paracetak dapat diaplikasikan secara umum di pasaran
 - b. Terbatasnya fleksibilitas ukuran yang disediakan untuk elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti elemen pracetak yang disebabkan karena harus mengikuti kaidah sistem dimensi satuan yang disepakati bersama dalam bentuk kelipatan suatu modul.
 - c. Dengan cara ini dimungkinkan untuk mencari produk yang terbaik dari lain pabrik.

4.7.1.1 Pengangkatan dan Penempatan Crane

Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam pengangkatan elemen pracetak antara lain:

1. kemampuan maksimum crane yang digunakan
 2. metode pengangkatan
 3. letak titik – titik angkat pada elemen pracetak
- hal – hal tentang pengangkatan dan penentuan tidak angkat telah dibahas pada bab – bab sebelumnya. Dalam perencanaan ini memakai peralatan tower crane untuk mengangkat elemen pracetak di lapangan. Untuk pemilihan tower crane harus disesuaikan antara kemampuan angkat crane dengan berat elemen pracetak.
- Tower crane Xuzhou Bob XCP330
 - Jarak jangkauan maksimum 75 m dengan beban maksimum 18 ton
 - Tower crane yang digunakan 1 buah

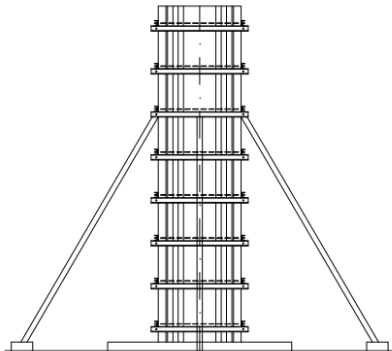
- Beban modular maksimum 11016 ton.

Tabel 4. 23 Kapasitas Angkat dan Radius *Tower Crane*

起重臂 (m) jib	R _{min}	R (G _{min})	G _{min}	幅度 (m) Range												
				10	20	30	35	40	50	55	60	65	70	75		
75m	吊钩	3	35	6t		6000			5440	4370	4180	3720	3340	3020	2740	2500
	吊钩	3	13	12t	12000	11420	7260	6060	5170	4460	3910	3450	3070	2750	2470	2230
	吊钩	3	13	18t	18000	11390	7180	5980	5020	4380	3920	3370	2990	2660	2390	2150
	吊钩	3	39	6t		6000			5890	5140	4540	4050	3640	3300	3000	
70m	吊钩	3	20	12t	12000		7860	6590	5620	4870	4270	3780	3370	3030	2730	
	吊钩	3	14	18t	18000	12310	7780	6500	5530	4790	4190	3700	3290	2940	2660	
	吊钩	3	41	6t		6000				5430	4810	4290	3860	3500		
	吊钩	3	21	12t	12000		8320	6960	5950	5160	4540	4020	3590	3230		
65m	吊钩	3	14	18t	18000	13210	8220	6880	5870	5080	4450	3940	3520	3150		
	吊钩	3	42	6t		6000				5620	4970	4440	4000			
	吊钩	3	22	12t	12000		8580	7470	6160	5350	4700	4170	3730			
	吊钩	3	15	18t	18000	13350	8500	7390	6070	5270	4620	4090	3650			
60m	吊钩	3	44	6t		6000					5860	5140	4700			
	吊钩	3	23	12t	12000		9070	7600	6520	5660	4990	4430				
	吊钩	3	16	18t	18000	14100	8980	7520	6430	5580	4900	4350				
	吊钩	3	47	6t		6000					5600					
55m	吊钩	3	26	12t	12000		9630	8100	6940	6050	5330					
	吊钩	3	16	18t	18000	14920	9550	8020	6860	5970	5250					
	吊钩	3	45	6t		6000										
	吊钩	3	28	12t	12000		10470	8810	7570	6600						
50m	吊钩	3	18	18t	18000	16170	10390	8720	7490	6520						
	吊钩	3	40	6t		6000										
	吊钩	3	26	12t	12000		10640	9290	7700							
	吊钩	3	18	18t	18000	16440	10560	8890	7620							

4.7.1.2 Pekerjaan Elemen Kolom

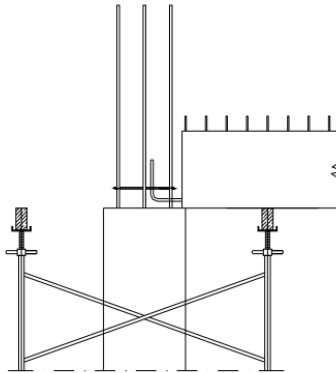
Setelah dilakukan pemancangan, pembuatan *pile cap* dan sloof, maka tulangan kolom dipasang bersamaan dengan pendimensian *pile cap*. Tulangan kolom bersamaan dengan tulangan konsol yang telah disiapkan dicor sampai batas yang sudah ditentukan. Dalam hal ini sampai ketinggian permukaan bawah balok induk yang menumpang pada kolom.



Gambar 4. 39 Pemasangan Bekisting untuk Pembuatan Kolom

4.7.1.3 Pemasangan Elemen Balok Induk

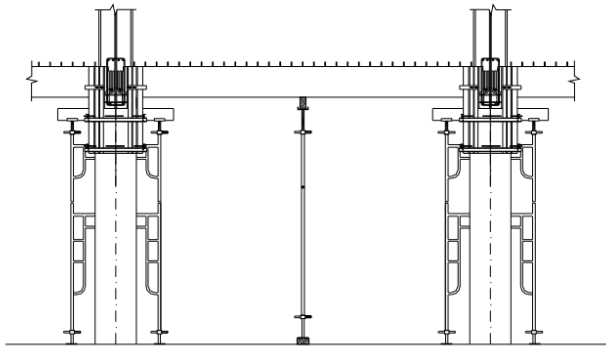
Pemasangan balok pracetak setelah pengecoran kolom. Balok induk dipasang terlebih dahulu baru kemudian dilanjutkan dengan pemasangan balok anak. Diperlukan peralatan crane dan scaffolding untuk membantu menunjang balok pracetak. Kemudian dapat dilanjutkan dengan pemasangan tulang utama pada balok yaitu tulangan tarik pada tumpuan. Lalu setelah tulangan terpasang baru dilakukan pengecoran.



Gambar 4. 40 Pemasangan Balok Induk Pracetak

4.7.1.4 Pemasangan Elemen Balok Anak

Pemasangan balok anak pracetak di bagian tengah balok induk. Konsol tempat bertumpunya balok anak pun terbuat dari beton pracetak dengan balok. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada balok induk maupun balok anak, maka dipasang tiga buah perancah dengan posisi satu di tengah dan dua di tepi.

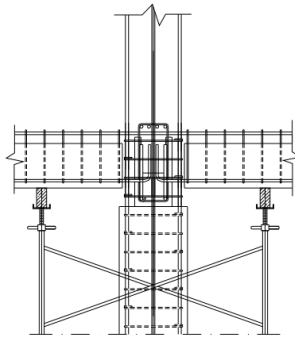


Gambar 4. 41 Pemasangan Balok Anak Pracetak

Setelah balok anak dan balok induk terpasang, maka dilanjutkan dengan pemasangan tangga di tempat yang sudah disediakan. Pengangkatan tangga dilakukan dengan posisi tangga datar.

4.7.1.5 Pemasangan Elemen Pelat

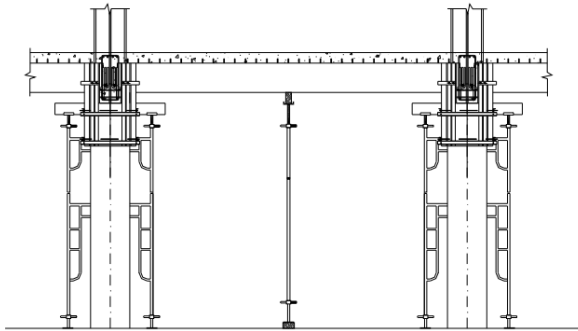
Pemasangan pelat pracetak di atas balok induk dan balok anak sesuai dengan dimensi pelat yang sudah ditentukan. Pemasangan tulangan bagian atas, baik tulangan tumpuan maupun tulangan lapangan untuk pelat, balok anak dan balok induk.



Gambar 4. 42Pemasangan Tulangan Atas

Setelah semua tulangan terpasang, kemudian dilakukan pengecoran pada bagian atas pelat, balok anak, dan balok induk yang berfungsi sebagai topping atau penutup bagian atas. Selain itu topping

juga berfungsi untuk merekatkan komponen pelat, balok anak, dan balok induk agar menjadi satu kesatuan (komposit). Hal ini diperkuat dengan adanya tulangan panjang penyaluran pada masing – masing komponen pelat, balok anak, dan balok induk. Topping digunakan setinggi 8 cm.



Gambar 4. 43 Pengecoran *Topping*

Untuk pekerjaan lantai berikutnya dilakukan sama dengan urutan pelaksanaan di atas sampai semua elemen pracetak terpasang.

4.7.1.6 Transportasi Elemen Beton Pracetak

Sistem transportasi meliputi :

1. Pemindahan beton pracetak di areal pabrik
2. Pemindahan dari pabrik ke tempat penampungan di proyek
3. Pemindahan dari penampungan sementara di proyek ke posisi akhir

Tahap pemindahan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi ke areal proyek diperlukan sarana angkut seperti truk tunggal, tandem, atau temple. Truk yang biasa digunakan untuk pengangkutan berukuran lebar 2,4 m x 16 m atau 2,4 m x 18 m dengan kapasitas angkut kurang lebih 50 ton. Untuk komponen tertentu dimana panjangnya cukup panjang hingga 30 m dapat dipergunakan truk temel dimana kapasitasnya dapat mencapai 80 ton. Di areal lokasi proyek diperlukan sarana untuk pemindahan komponen beton pracetak menggunakan tower crane.

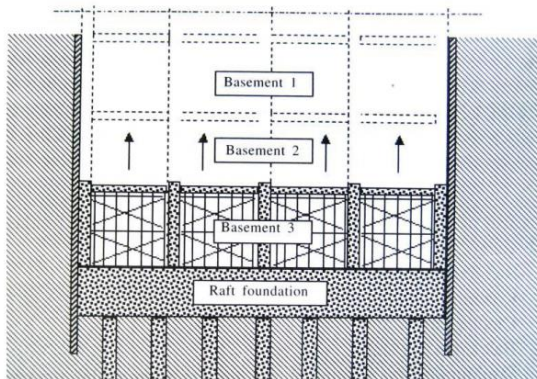
4.7.2 Metode Pelaksanaan Basement

Pada sistem ini, sheet pile dipasang terlebih dahulu sebelum pelaksanaan galian. Struktur basement dilaksanakan setelah seluruh pekerjaan galian selesai mencapai galian elevasi rencana (sistem konvensional). Pelat basement paling bawah dicor terlebih dahulu, kemudian basement diselesaikan dari bawah keatas, dengan menggunakan scaffolding. Kolom, balok dan slab dicor ditempat (*cast in place*).

Secara garis besar kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada pelaksanaan konstruksi basement dengan metode bottom up ialah sebagai berikut:

1. Mobilisasi peralatan
2. Pelaksanaan pondasi tiang pancang
3. Pelaksanaan dinding penahan tanah (sheet pile)
4. Penggalian dan pembuangan tanah
5. Dewatering
6. Poer pondasi
7. Waterproofing
8. Tie beam dan pondasi rakit
9. Dinding basement dan struktur bertahap keatas
10. Lantai basement bertahap ke atas

Secara umum, kegiatan-kegiatan pekerjaan tersebut diatas adalah item pekerjaan utama yang hampir dapat selalu ditemukan dalam suatu pelaksanaan pekerjaan basement dengan metode konvensional. Berikut adalah gambaran pelaksanaan pekerjaan berdasarkan urutan pekerjaan yang mana harus dimulai dari lantai dasar basement.



Gambar 4. 44 Pelaksanaan Basement dengan Metode Konvensional

Kemungkinan lain dapat saja terjadi, tetapi pada umumnya tata cara pelaksanaan metode basement konvensional akan mengikuti pola demikian. Beberapa hal yang dapat disebut merupakan ciri-ciri pelaksanaan basement dengan metode konvensional yang lazim dilaksanakan dari jbaran di atas adalah:

1. Metode bottom up tidak memerlukan tata cara manajemen proyek secara khusus, karena umunya sudah menjadi hal yang biasa dilaksanakan.
2. Diperlukan pengendalian muka air tanah sekeliling secara intensif
3. Dinding penahan tanah dapat tetap atau sementara, tetapi yang pasti untuk pelaksanaannya tidak dapat dilakukan simultan dengan pekerjaan lain, dinding penahan tanah adalah awal dari pekerjaan basement yang mutlak dilakukan sebelum pekerjaan lainnya dimulai kecuali tiang pondasi.
4. Setiap usaha mempercepat waktu pelaksanaan, pada umumnya menyebabkan penambahan sumber daya baik manusia maupun peralatan yang tidak sebanding dengan produksinya.
5. Semakin dalam (semakin banyak jumlah basement) metode pelaksanaan ini akan semakin sulit.
6. Diperlukan luas lahan yang cukup untuk mengendalikan transportasi galian tanah vertical.

7. Akibat proses penggalian dan kebutuhan akan konstruksi sementara yang banyak, maka kondisi lingkungan proyek akan padat dan kotor.
8. Kemungkinan melakukan kombinasi pelaksanaan secara simultan dengan kegiatan lainnya amat minim karena metode kontruksi memberikan urutan kegiatan demikian.
9. Biaya pelaksanaan sampai dengan kedalaman tertentu relatif lebih murah.

4.7.3 Pekerjaan *Dewatering*

Pekerjaan galian untuk basement, seringkali terganggu oleh adanya air tanah. Oleh karena itu sebelum galian tanah untuk basement dimulai sudah harus dipersiapkan pekerjaan pengeringan (*dewatering*) agar air tanah yang ada tidak mengganggu proses pelaksanaan basement. Masalah galian dalam lebih kritis bila kondisi tanah merupakan tanah lunak atau pasir lepas dalam kondisi muka air tanah yang tinggi.

Metode *dewatering* yang dipilih tergantung beberapa factor, antara lain:

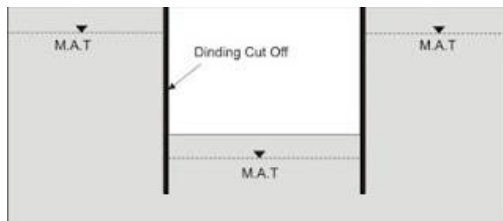
- Debit rembesan air
- Jenis tanah
- Kondisi lingkungan sekitarnya
- Sifat tanah
- Air tanah
- Ukuran dan dalam galian
- Daya dukung tanah
- Kedalam dan tipe pondasi
- Design dan fungsi dari struktur
- Rencana pekerjaan

Tujuan dari *dewatering* adalah:

1. Menjaga agar dasar galian tetap kering. Untuk mencapai tujuan tersebut biasanya air tanah diturunkan elevasinya 0,5 – 1 m dibawah dasar galian.

2. Mencegah erosi buluh. Pada galian tanah pasir (terutama pasir halus dibawah muka air tanah) rembesan air kedalam galian dapat mengakibatkan tergerusnya tanah pasir akibat aliran air.
3. Mencegah resiko sand boil. Pada saat dilaksanakan galian, maka perbedaan elevasi air didalam dan diluar galian semakin tinggi.
4. Mencegah resiko terjadinya kegagalan upheave. Bila tekanan air dibawah lapisan tanah lebih besar daripada berat lapisan tanah tersebut maka lapisan tanah tersebut dapat terangkat atau mengalami failure
5. Menjaga gaya uplift terhadap bangunan sebelum mencapai bobot tertentu. Pada bangunan-bangunan yang memiliki basement, maka pada saat bobot bangunan masih lebih kecil daripada gaya uplift dari tekanan air, dewatering harus tetap dijalankan hingga bobot mati dari bangunan melebihi gaya uplift tersebut.
6. Mencegah rembesan
7. Memperbaiki kestabilan tanah
8. Mencegah pengembungan tanah
9. Memperbaiki karakteristik dan kompaksi tanah terutama dasar
10. Pengeringan lubang galian
11. Mengurangi tekanan lateral

Metode dewatering yang dipilih adalah *cut off*. Prinsip *cut off* adalah memotong aliran bidang air tanah melalui cara mengurung daerah galian dengan dinding. Ditinjau dari pergerakan air tanah. Metode dewatering *cut off* ini paling baik, karena tidak terjadi aliran air tanah, dan tidak terjadi penurunan muka air tanah di sekeliling luar daerah galian. Metode ini perlu memperhitungkan dalamnya “D” tertentu agar tidak terjadi rembesan air masuk ke dalam daerah galian.



Gambar 4. 45 Potongan Metode Cut Off

Dinding *cut off* dapat menggunakan:

- *Sheet pile* (tidak dipakai sebagai struktur dinding permanen)
- *Concrete diaphragm wall* (sebagai struktur dinding permanen)
- *Concrete secant pile* (dapat dipakai sebagai dinding permanen)

Metode cut off dipilih karena kondisi sama dengan pemilihan predrainage, dinding cut off difungsikan juga sebagai penahan tanah atau sebagai dinding basement, dan penurunan MAT akan mengganggu / merugikan lingkungan sekitarnya.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir “Modifikasi Struktur Gedung Apartemen GRAND KAMALA LAGOON BEKASI Dengan Metode Pracetak” maka dapat ditarik beberapa poin kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam Dimensi struktur utama didapatkan dimensi kolom yang didapat dari perhitungan sebesar 100/100 cm pada lantai 1-5, 80/80 cm pada lantai 6-10 dan 75/75 cm pada lantai 11-15(atap). Dimensi struktur sekunder hasil modifikasi sebagai berikut:
 - a. Struktur Sekunder
 - Dimensi balok anak = 30/40 cm
 - Dimensi balok bordes = 30/40 cm
 - Dimensi balok lift = 30/40 cm
 - Tebal pelat = 14 cm
 - b. Struktur Primer
 - Dimensi balok induk = 50/70 cm
 - Dimensi kolom = 100/100 cm
 - Tiang pancang = D100, H = 52 m
2. Komponen pracetak disambung dengan menggunakan sambungan basah dan konsol pendek agar bangunan tersebut menjadi bangunan pracetak yang monolit. Ukuran konsol pendek pada kolom adalah 500 x 450 mm.
3. *Detailing* sambungan pracetak dirancang bersifat monolit antar elemennya dengan tulangan-tulangan dan shear connector yang muncul dari setiap elemen pracetak dan splice sleeve pada kolom pracetak untuk menyatukannya dengan elemen cor di tempat . Sambungan didesain sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

4. Menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung menggunakan program ETABS 2016 dengan memasukkan gaya-gaya yang bekerja pada pelat serta beban vertical dan horizontal.
5. Pondasi direncanakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan menerima beban dari atas melalui pile cap.
6. Hasil analisa struktur yang telah dilakukan pada perencanaan ulang gedung Grand Kamala Lagoon akan dituangkan pada gambar teknik yang ada pada lampiran.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa selama proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah diantaranya:

1. Perlu pengawasan dengan baik pada saat pelaksanaan sambungan antar elemen beton pracetak karena sambungan beton pracetak tentu tidak semonolit seperti pada sambungan dengan cor setempat agar nantinya pada saat memikul beban tidak terjadi gaya-gaya tambahan yang tidak diinginkan pada daerah sambungan akibat dari kurang sempurnanya pengerjaan sambungan.
2. Tipe elemen pracetak sedapat mungkin dibuat seminal mungkin untuk lebih menyeragamkan bentuk cetakan dan detail tulangan sehingga tujuan dari konstruksi dengan metode pracetak dapat terlaksana.
3. Masih perlu lagi pengembangan teknologi Pracetak agar lebih inovatif dan efisien dalam penggunaannya, serta lebih mudah dalam pengaplikasiannya.

DAFTAR PUSTAKA

ASCE STANDART SEI/ASCE 7-02 Second Edition. **American Society of Civil Engineering Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.** Virginia : American Society of Civil Engineers.

Badan Standarisasi Nasional. 2013. **Sni 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **Sni 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **Sni 03-2847-2012 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Badan Standardisasi Nasional. 2012. **Sni 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung.** Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.

Budiono, Andy Kurniawan dan I Gusti Putu Raka 2013. **Perencanaan Gedung Research Center-Its Surabaya dengan Metode Pracetak.** JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, (2013) hal 1-5.

Ervianto, Wulfram. 2006. **Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi Beton Pracetak dan Bekisting.** Yogyakarta : Andy Publisher.

Manalip,H., E. J. Kumaat dan F.I Runtu. 2015. **Penempatan Dinding Geser Pada Bangunan Beton Bertulang dengan Analisa Pushover.** Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.5 No.1, hal (283-293) ISSN: 2087-9334.

Moehle, Jack. 2014. **Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings**. USA : McGraw Hill Professional.

Nandasari Fristi, I Gusti Putu Raka, dan Pujo Aji. 2013. **Modifikasi Desain Gedung Holyday Inn Express Surabaya Menggunakan Sistem Struktur Pracetak**. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, (2013) hal 1-6.

Nurjaman, Hari Nugraha., Lutfi Faizal dan Hasiholan R. Sidjabat. 2010. **Perilaku Aktual Bangunan Gedung dengan Sistem Pracetak Terhadap Gempa Kuat**. Surabaya: Seminar dan Pameran Haki Perkembangan dan Kemajuan Konstruksi Indonesia.

Kahiking, Regen Loudewik dan J. D. Pangouw, R. E. Pandaleke. 2013. **Evaluasi Struktur Kolom Kuat Balok Lemah Pada Bangunan Beton Bertulang Dengan Metode Desain Kapasitas (Studi Kasus : Bangunan Sekolah Sma Donbosco)**. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.9, hal (630-639) ISSN: 2337-6732.

Purwono, Rachmat . 2005. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa (Sesuai SNI 1726 dan SNI-2487 Terbaru)**. Surabaya : ITS Press.

Pci Design Handbook 6th Edition. **Pci Design Handbook Precast and Prestressed Concrete**. Chicago : Pci Industry Handbook Committee.

Sastrodasrsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto.2000 **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta : PT Pradnya Paramita

Sudarmoko, 1996. **Diagram Perencanaan Kolom Beton Bertulang**, Yogyakarta : UGM Press.

Suhaimi , T. Budi Aulia dan Mochammad Afifuddin. 2014. **Evaluasi Kinerja Gedung Beton Bertulang Sistem Ganda Dengan Variasi Geometri Dinding Geser Pada Wilayah Gempa Kuat**. JURNAL

TEKNIK SIPIL ISSN 2302-0253 PASCASARJANA
UNIVERSITAS SYIAH KUALA 13 hal 70- 82.

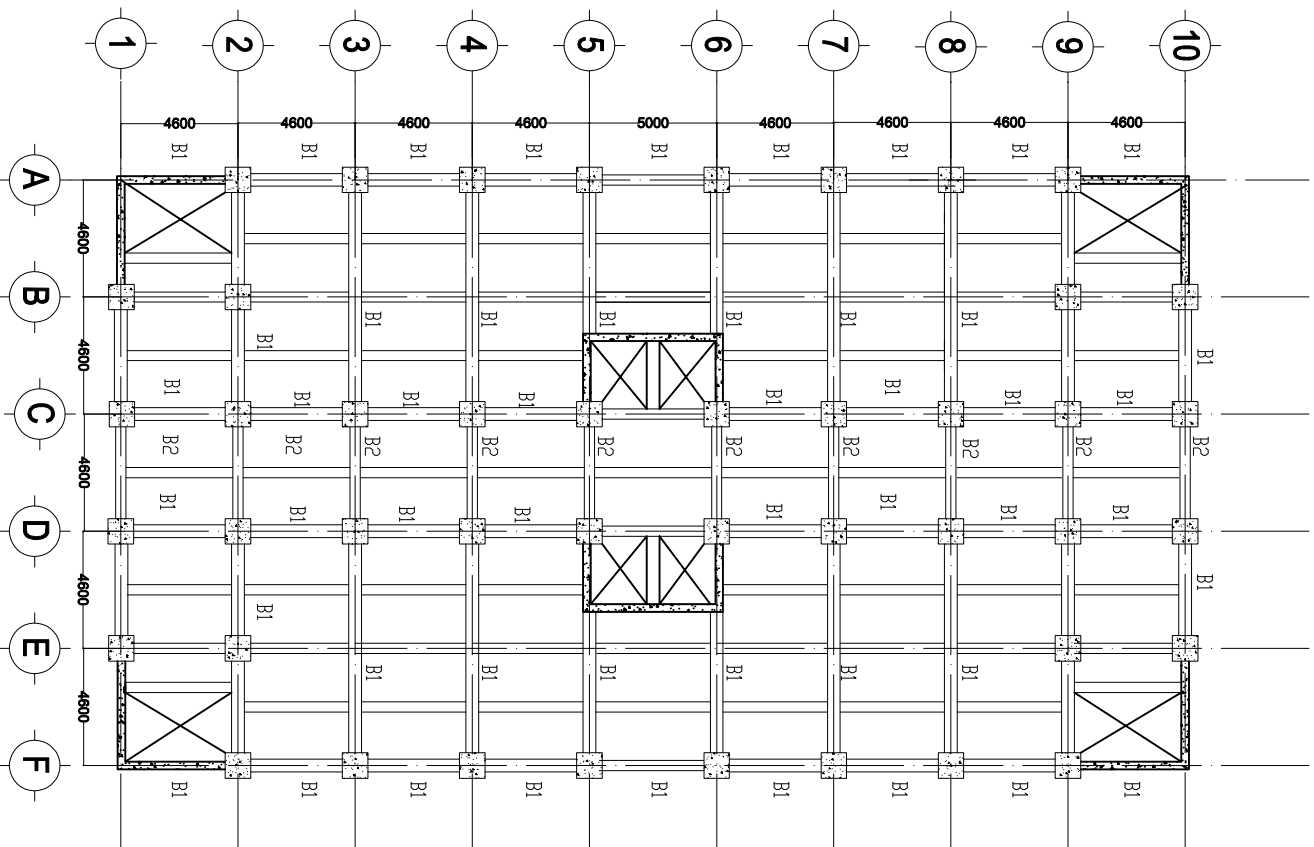
Syarifandy, Kurdian Suprpto, dan Iman Wimbadi. 2012. **Modifikasi Perencanaan Gedung RSD Dr. Moch Anwar Sumenep Menggunakan Metode Pracetak (Precast) Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)**. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No. 1, (2012) hal 1-5.

Tjahjono, Elly dan Heru Purnomo. 2004. **Pengaruh Penempatan Penyambungan Pada Perilaku Rangkaian Balok-Kolom Beton Pracetak Bagian Sisi Luar**. JURNAL MAKARA, TEKNOLOGI, VOL. 8, NO. 3. hal 90.

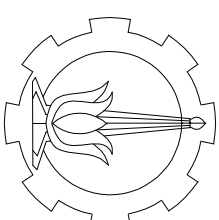
Turai, Vaishali dan Ashish Waghmare. 2015. **A Study Of Cost Comparison Of Precast Concrete Vs. Cast-In-Place**. International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication Vol. 3, No. 11,(2015) hal 1.

Windah, Reky Stenly. 2011. **Penggunaan Dinding Geser Sebagai Elemen Penahan Gempa Pada Bangunan Bertingkat 10 Lantai** , JURNAL ILMIAH MEDIA ENGINEERING VOL. 1, NO. 2, ISSN 2087-9334 hal (151-155).

Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya : ITS PRESS



KOLOM	
DIMENSI	KETERANGAN
K1 1000 X 1000	LT. 1 s/d LT. 5
K2 800 X 800	LT. 6 s/d LT. 10
K3 750 X 750	LT. 11 s/d LT. ATAP
BALOK	
DIMENSI	KETERANGAN
B1 500 X 700	L = 9,2 , 4,6 m
B2 400 X 600	L = 4,6 j 5 m
BA 300 X 400	L = 4,6 j 5 m



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI I - 15 (ATAP)

SKALA

1 : 300

NOMOR GAMBAR

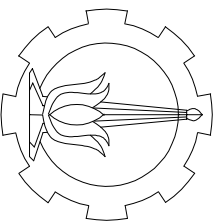
1

36

CATATAN

DENAH LANTAI 1 - 15

Skala 1: 300



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A - A

SKALA

1 : 400

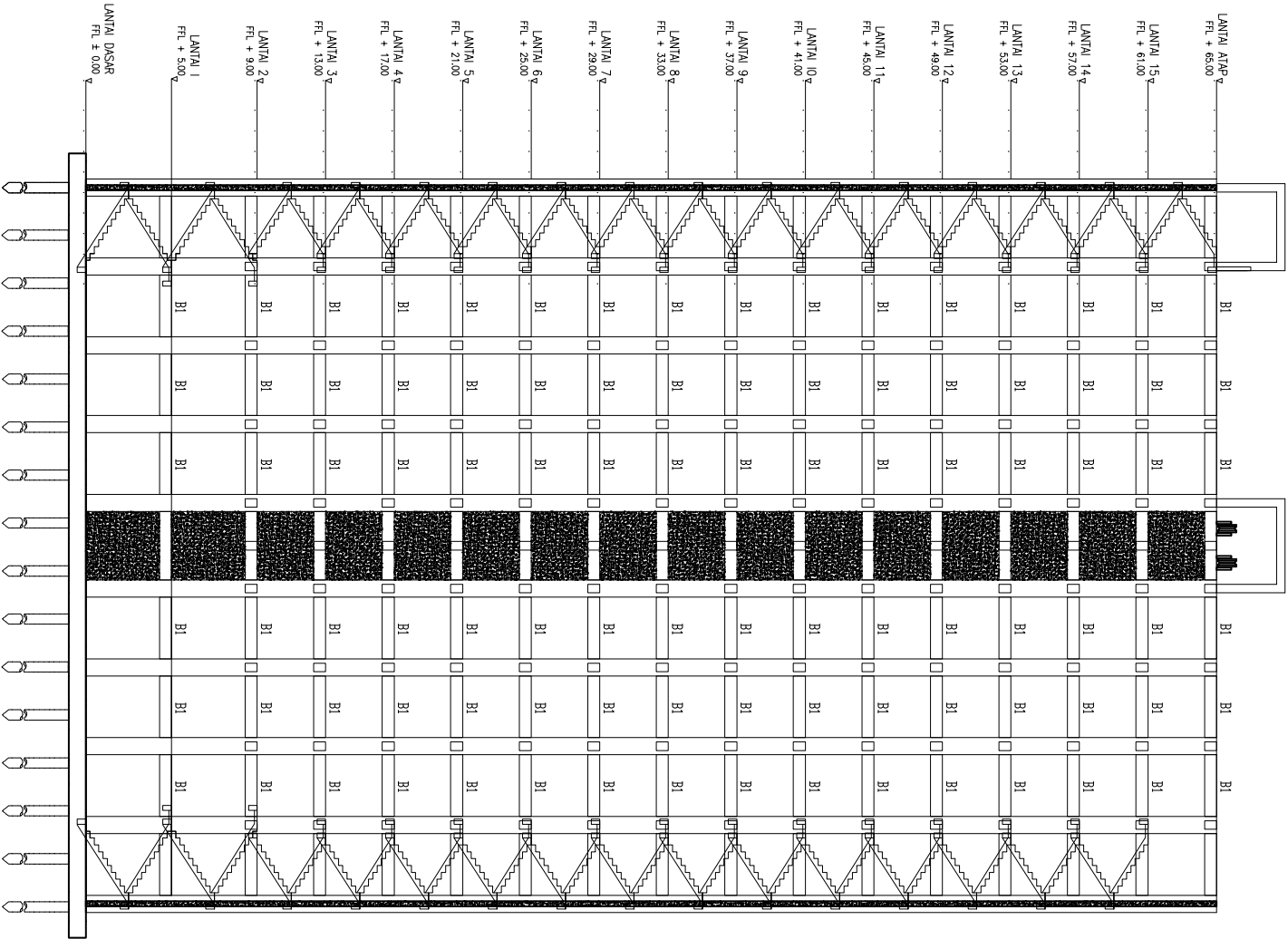
NOMOR GAMBAR

02

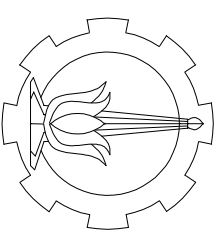
36

CATATAN

KOLOM	
DIMENSI	KETERANGAN
K1 1000 X 1000	L.T. 1 s/d L.T. 5
K2 800 X 800	L.T. 6 s/d L.T. 10
K3 750 X 750	L.T. 11 s/d L.T. ATAP
BALOK	
DIMENSI	KETERANGAN
B1 500 X 700	L = 9,2 , 4,6 m
B2 400 X 600	L = 4,6 , 5 m
BA 300 X 400	L = 4,6 , 5 m



POTONGAN A-A
Skala 1 : 400



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
031115245000036

JUDUL GAMBAR

POTONGAN B - B

SKALA

1 : 400

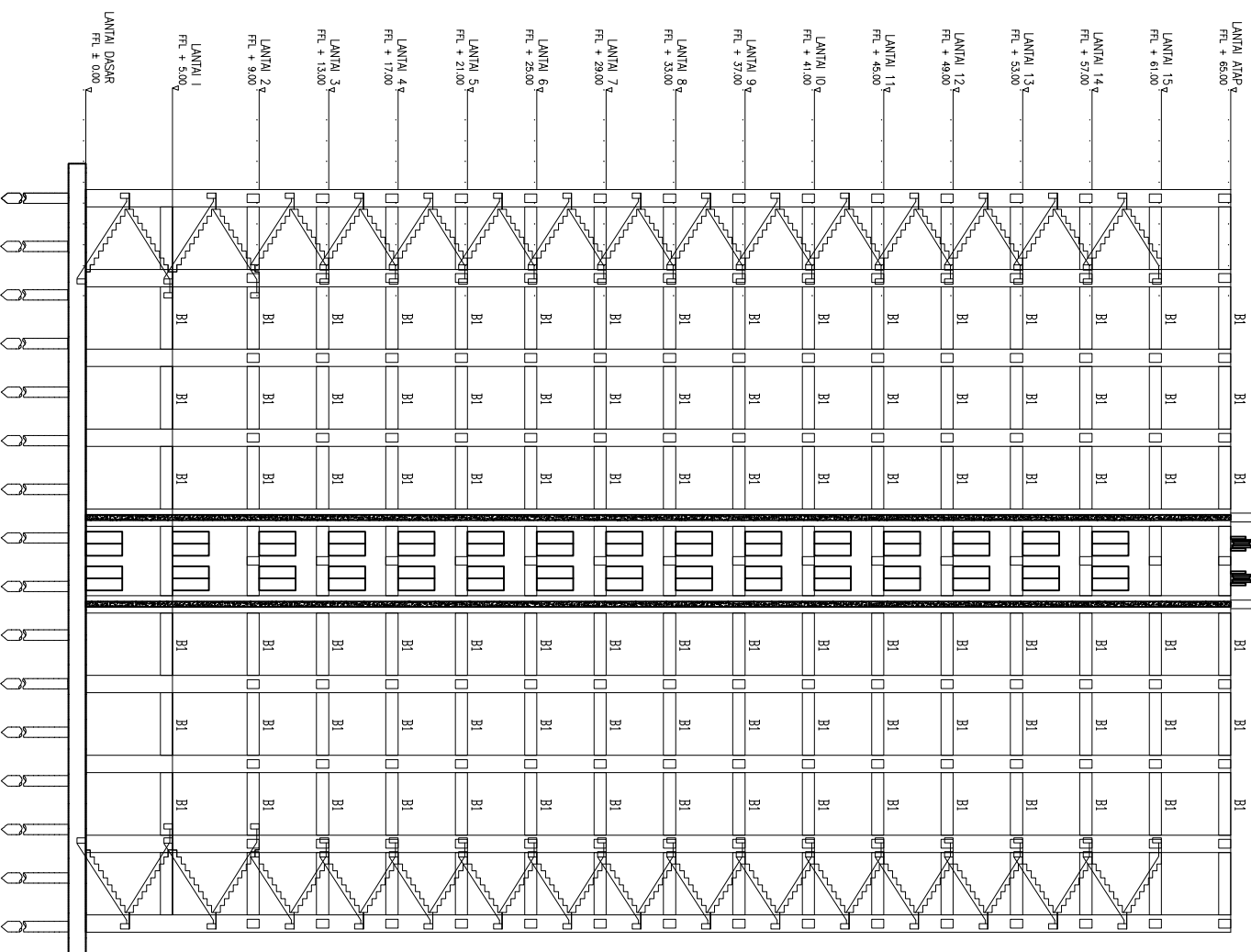
NOMOR GAMBAR

03

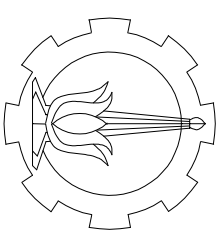
36

CATATAN

KOLOM	
DIMENSI	KETERANGAN
K1 1000 X 1000	L.T. 1 s/d L.T. 5
K2 800 X 800	L.T. 6 s/d L.T. 10
K3 750 X 750	L.T. 11 s/d L.T. ATAP
BALOK	
DIMENSI	KETERANGAN
B1 500 X 700	L = 9,2 , 4,6 m
B2 400 X 600	L = 4,6 , 5 m
BA 300 X 400	L = 4,6 , 5 m



POTONGAN B-B
Skala 1: 400



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

POTONGAN C - C

SKALA

1 : 400

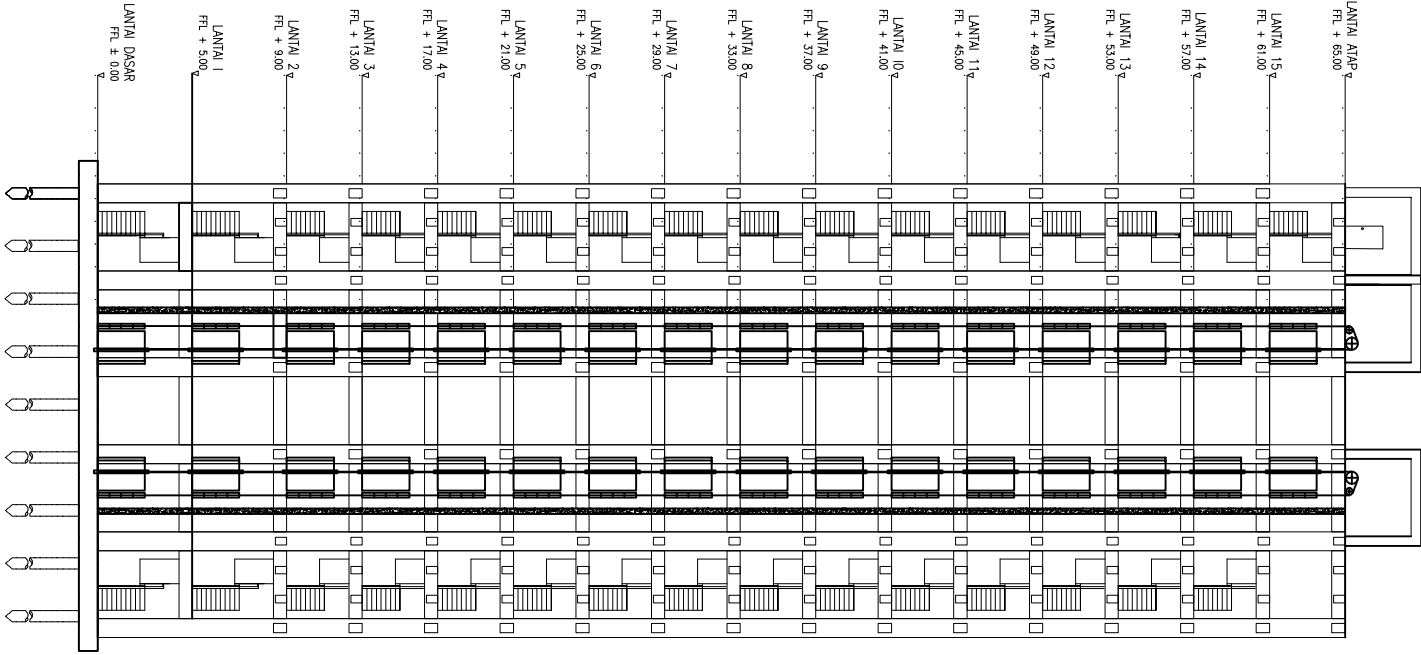
NOMOR GAMBAR

04

36

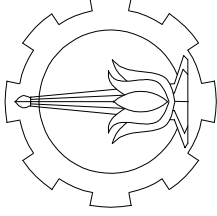
CATATAN

KOLOM	
DIMENSI	KETERANGAN
K1 1000 X 1000	L.T. 1 s/d L.T. 5
K2 800 X 800	L.T. 6 s/d L.T. 10
K3 750 X 750	L.T. 11 s/d L.T. ATAP
BALOK	
DIMENSI	KETERANGAN
B1 500 X 700	L = 9,2 , 4,6 m
B2 400 X 600	L = 4,6 , 5 m
BA 300 X 400	L = 4,6 , 5 m



POTONGAN C-C

Skala 1 : 400



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DENAH LANTAI 1 - I5 (ATAP)

SKALA

1 : 300

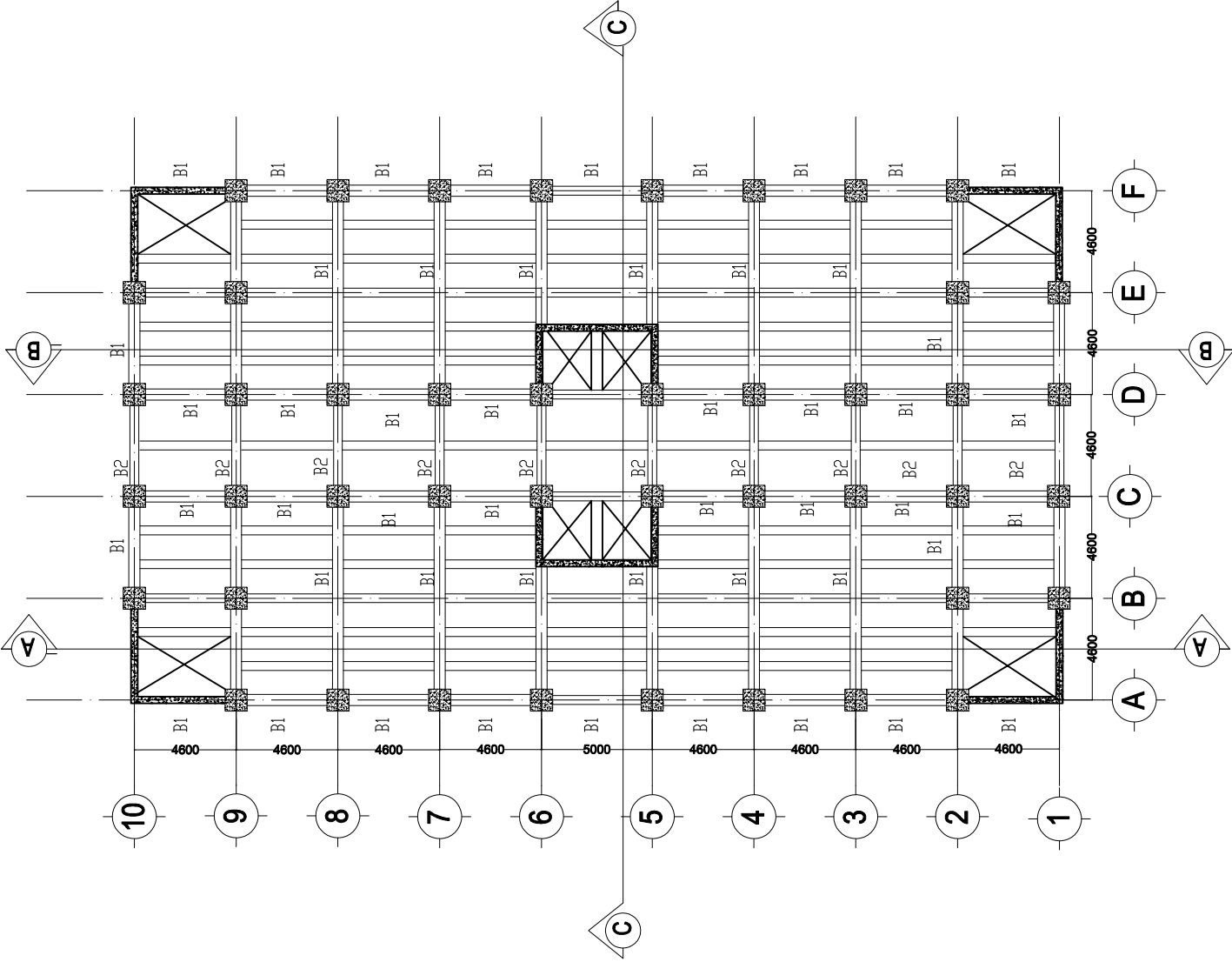
NOMOR GAMBAR

05

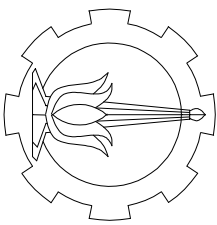
36

CATATAN

KOLOM	
DIMENSI	KETERANGAN
K1	1000 X 1000 L.T. 1 s/d L.T. 5
K2	800 X 800 L.T. 6 s/d L.T. 10
K3	750 X 750 L.T. 11 s/d L.T. ATAP
BALOK	
DIMENSI	KETERANGAN
B1	500 X 700 L = 9,2 , 4,6 m
B2	400 X 600 L = 4,6 j 5 m
BA	300 X 400 L = 4,6 j 5 m



DENAH LANTAI 1 - 15
Skala 1: 300



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

SITE PLAN RENCANA
PEMASANGAN TOWER CRANE

SKALA

1 : 150

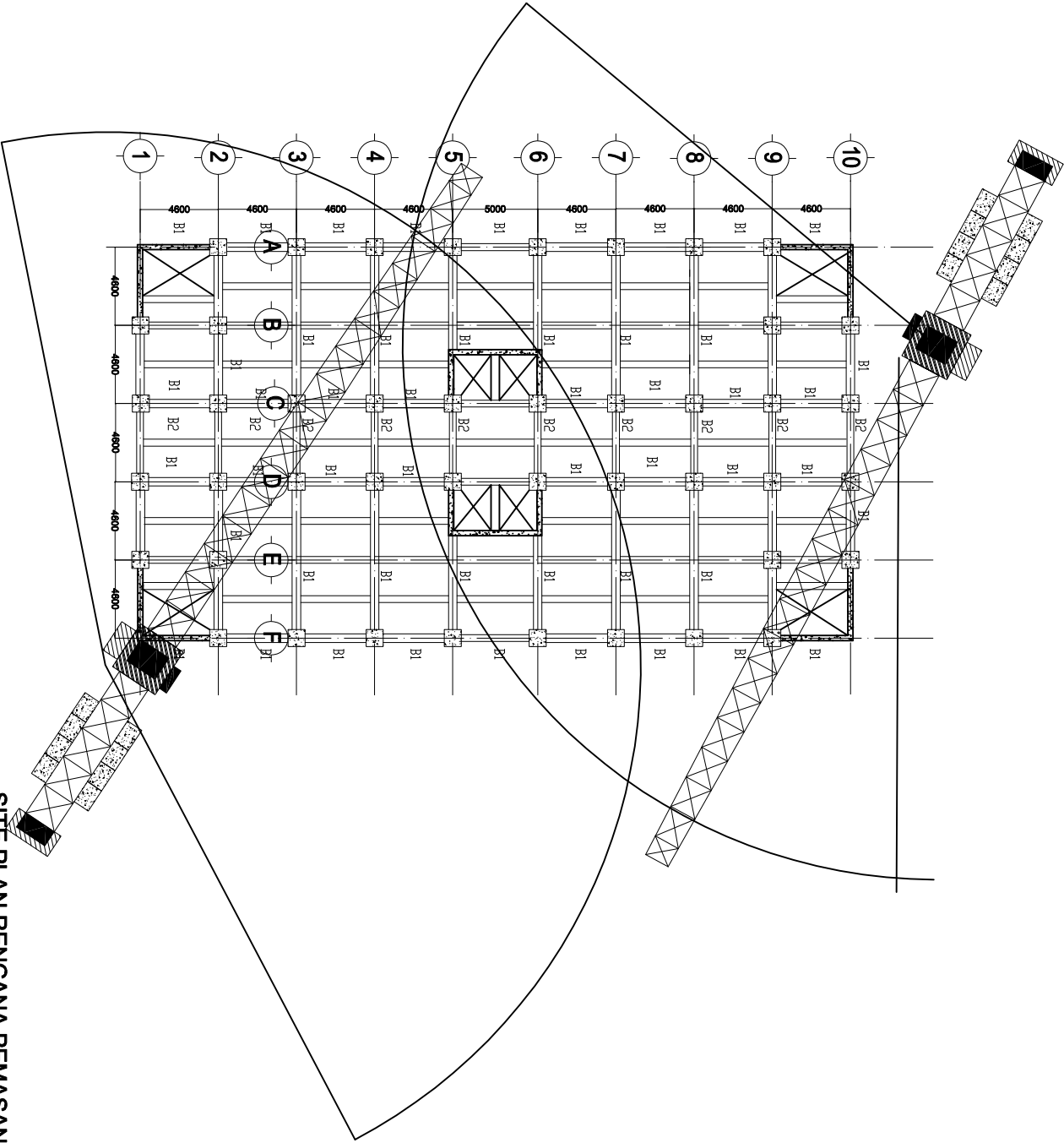
NOMOR GAMBAR

06

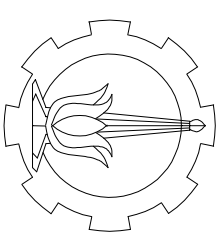
36

CATATAN

KOLOM	
DIMENSI	KETERANGAN
K1	1000 X 1000 LT. 1 s/d LT. 5
K2	800 X 800 LT. 6 s/d LT. 10
K3	750 X 750 LT. 11 s/d LT. ATAP
BALOK	
DIMENSI	KETERANGAN
B1	500 X 700 L = 9,2 , 4,6 m
B2	400 X 600 L = 4,6 j 5 m
BA	300 X 400 L = 4,6 j 5 m



SITE PLAN RENCANA PEMASANGAN TOWER CRANE
Skala 1: 300



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DENAH PEMODELAN PELAT
LANTAI 1 - 5

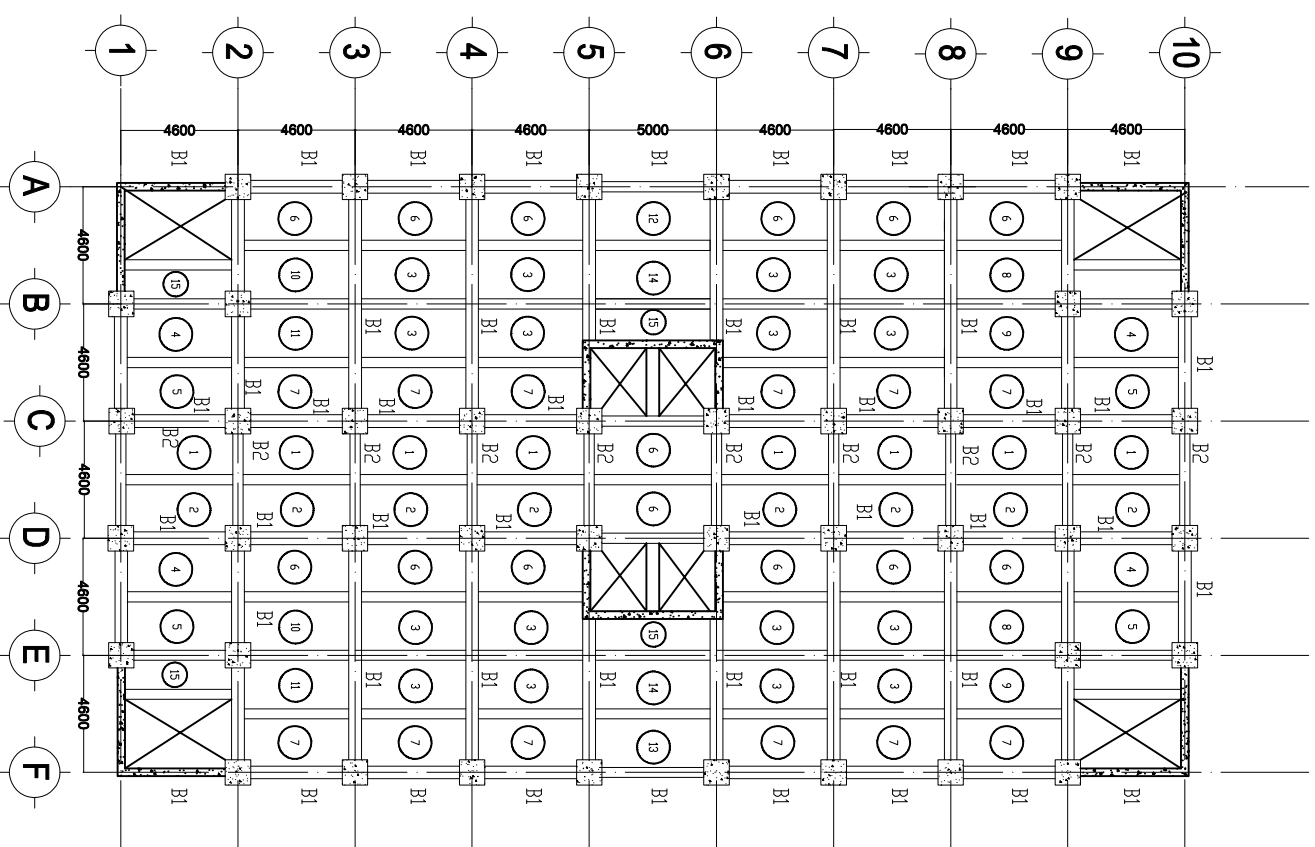
SKALA

1 : 250

NOMOR GAMBAR

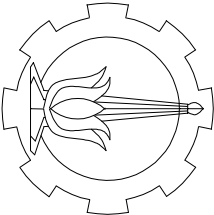
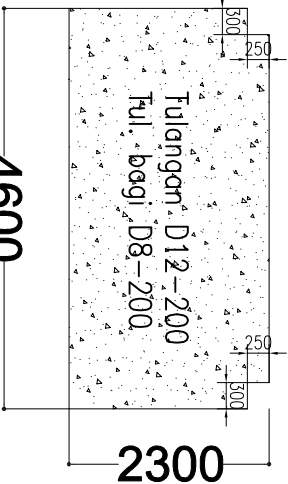
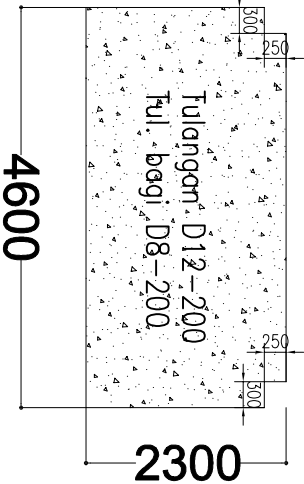
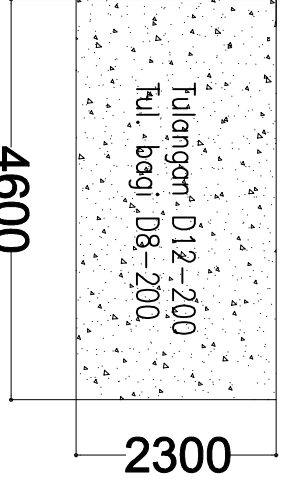
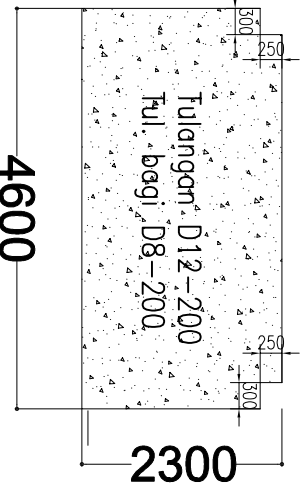
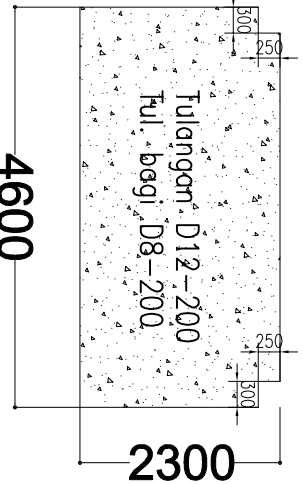
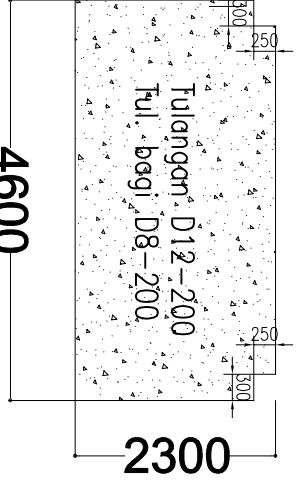
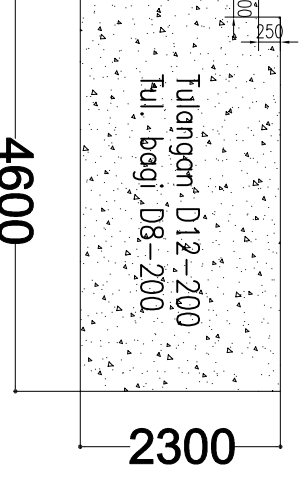
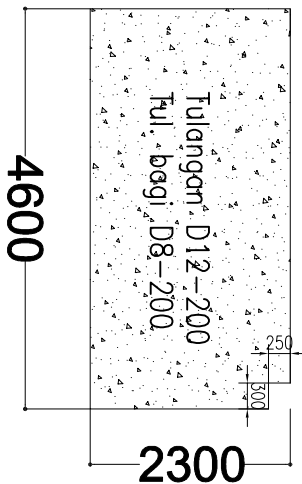
07 36

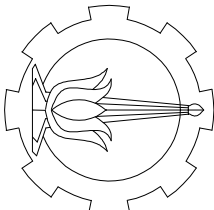
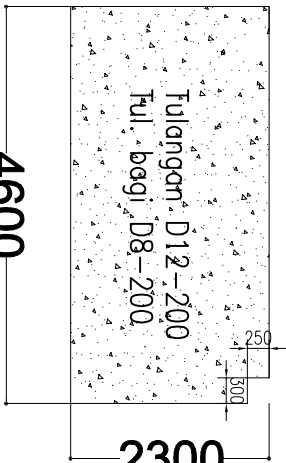
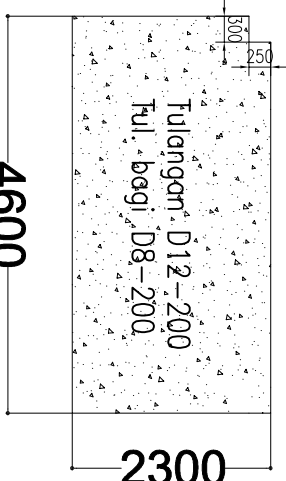
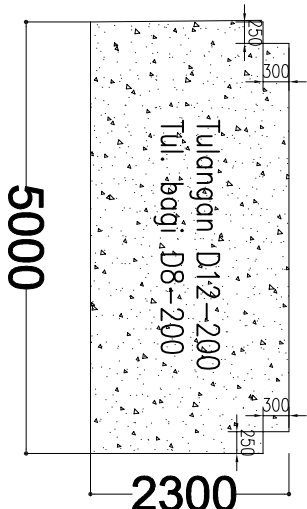
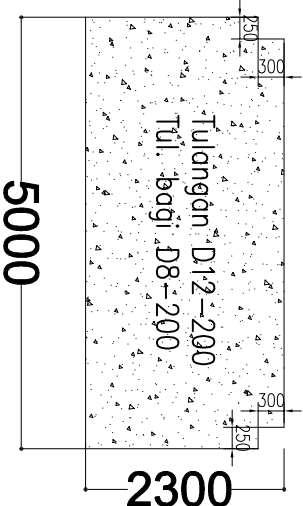
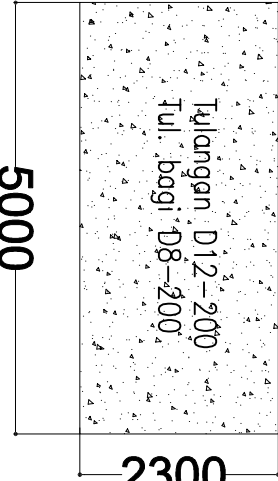
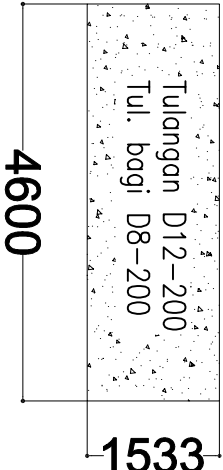
CATATAN

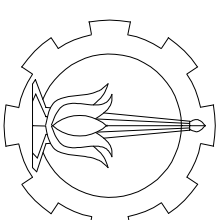
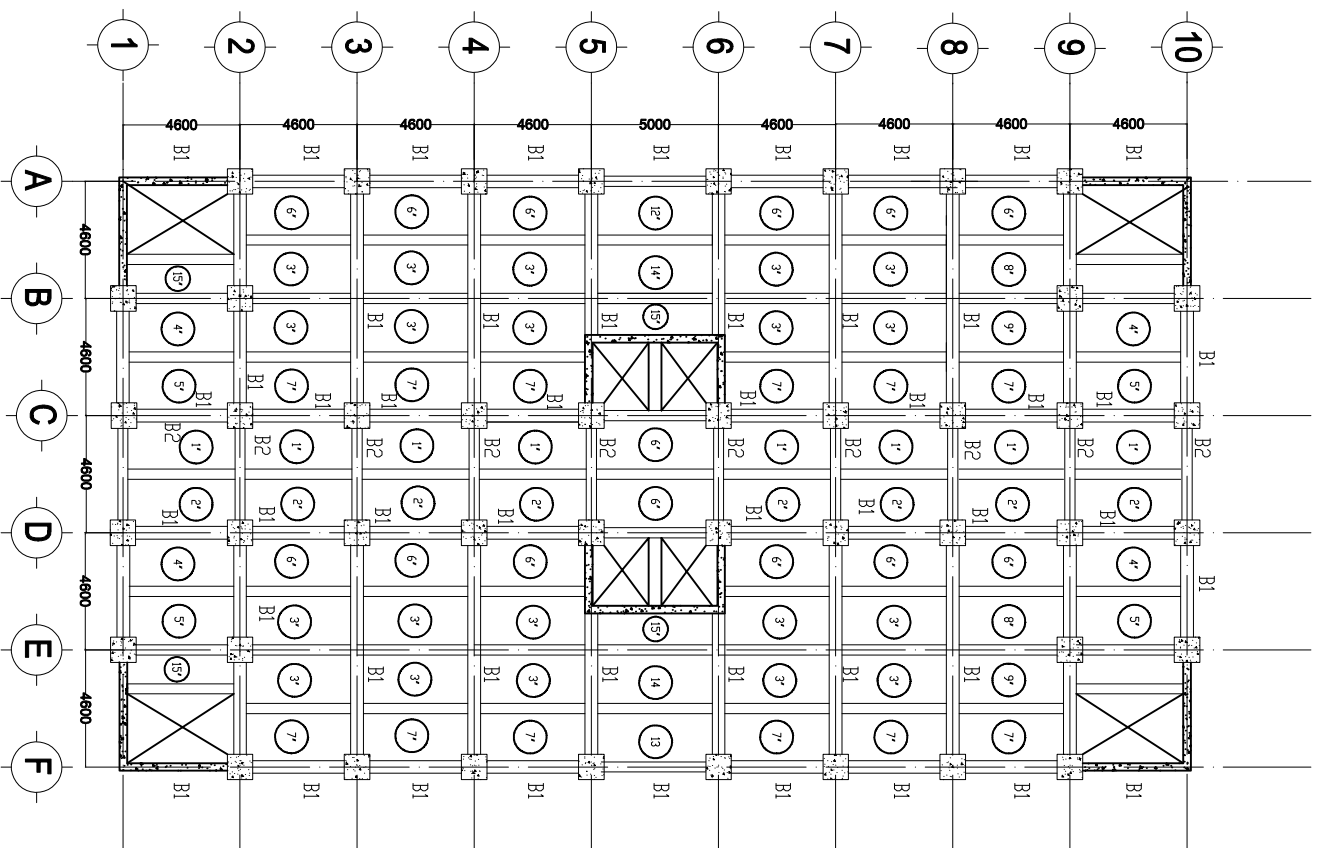


DENAH PEMODELAN TIPE PELAT LANTAI 1 - 5

Skala 1 : 300

 <p>PROGRAM LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS</p>					
					
<p>1</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 8 bh</p>			<p>2</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 8 bh</p>		
					
<p>4</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 4 bh</p>			<p>5</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 4 bh</p>		
					
<p>7</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 12 bh</p>			<p>8</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 2 bh</p>		
			<p>9</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 2 bh</p>		
<p>JUDUL TUGAS AKHIR</p>			<p>DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON DENGAN METODE BETON PRACETAK</p>		
<p>DOSEN PEMBIMBING</p>			<p>BUDI SUSWANTO, ST, MT, PHD</p>		
<p>MAHASISWA</p>			<p>MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR 03111545000036</p>		
<p>JUDUL GAMBAR</p>			<p>TYPE PELAT PRACETAK</p>		
<p>SKALA</p>			<p>1 : 90</p>		
<p>NOMOR GAMBAR</p>			<p>08</p>		
<p>CATATAN</p>			<p>36</p>		

<div><p>PROGRAM LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS</p></div>		<div><p>JUDUL TUGAS AKHIR</p><p>DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON DENGAN METODE BETON PRACETAK</p><p>DOSEN PEMBIMBING</p><p>BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD</p><p>MAHASISWA</p><p>MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR 03111545000036</p><p>JUDUL GAMBAR</p><p>TYPE PELAT PRACETAK</p><p>SKALA</p><p>1 : 90</p><p>NOMOR GAMBAR</p><p>09 36</p><p>CATATAN</p></div>
<div><p>10</p><p>4600 X 2300</p><p>LANTAI 1-5 = 2 bh</p></div>	<div><p>11</p><p>4600 X 2300</p><p>LANTAI 1-5 = 2 bh</p></div>	<div><p>12</p><p>5000 X 2300</p><p>LANTAI 1-5 = 8 bh</p></div>
<div><p>13</p><p>5000 X 2300</p><p>LANTAI 1-5 = 1 bh</p></div>	<div><p>14</p><p>5000 X 2300</p><p>LANTAI 1-5 = 2 bh</p></div>	<div><p>15</p><p>4600 X 1533</p><p>LANTAI 1-5 = 6 bh</p></div>



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DENAH PEMODELAN PELAT
LANTAI 6 - 10

SKALA

1 : 250

NOMOR GAMBAR

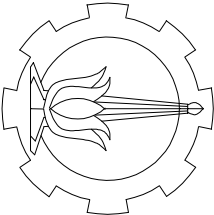
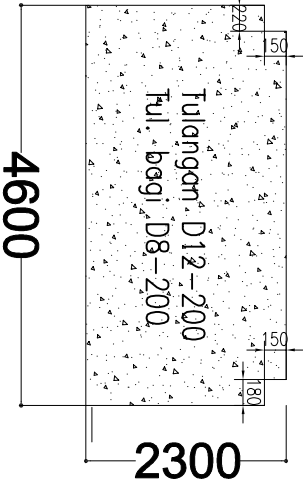
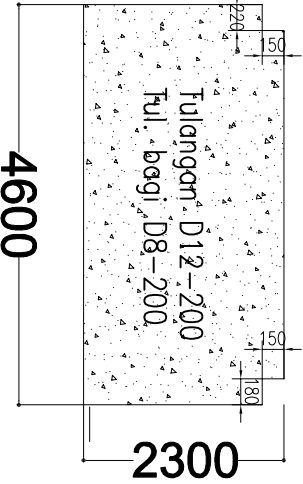
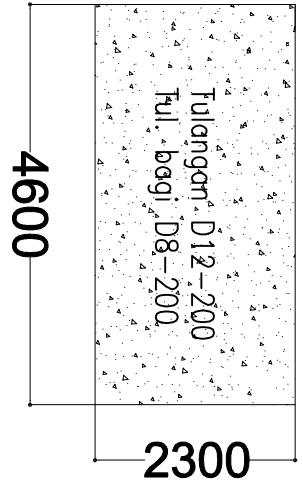
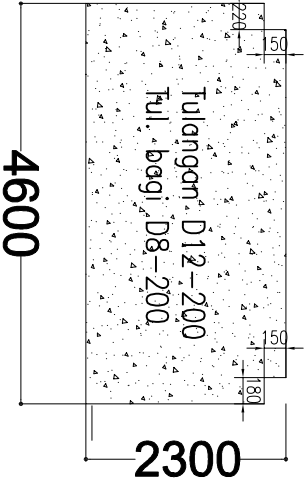
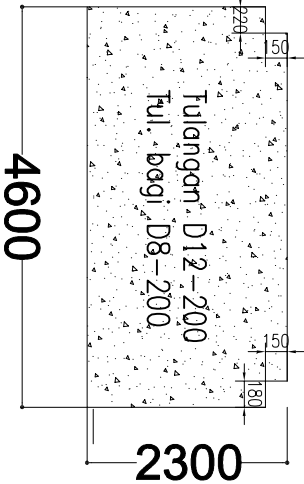
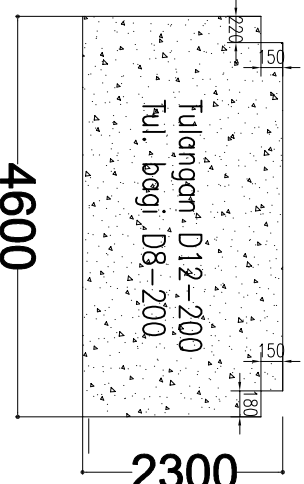
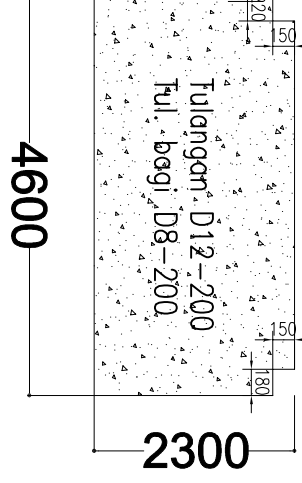
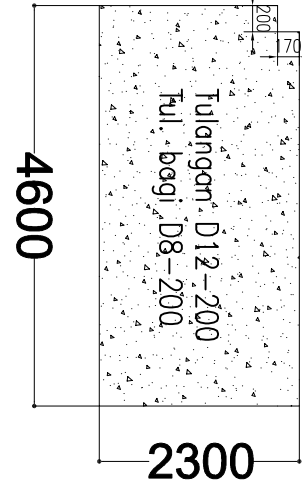
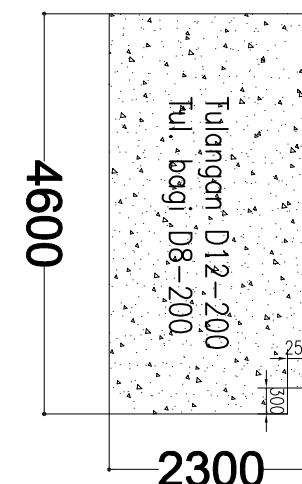
10

36

CATATAN

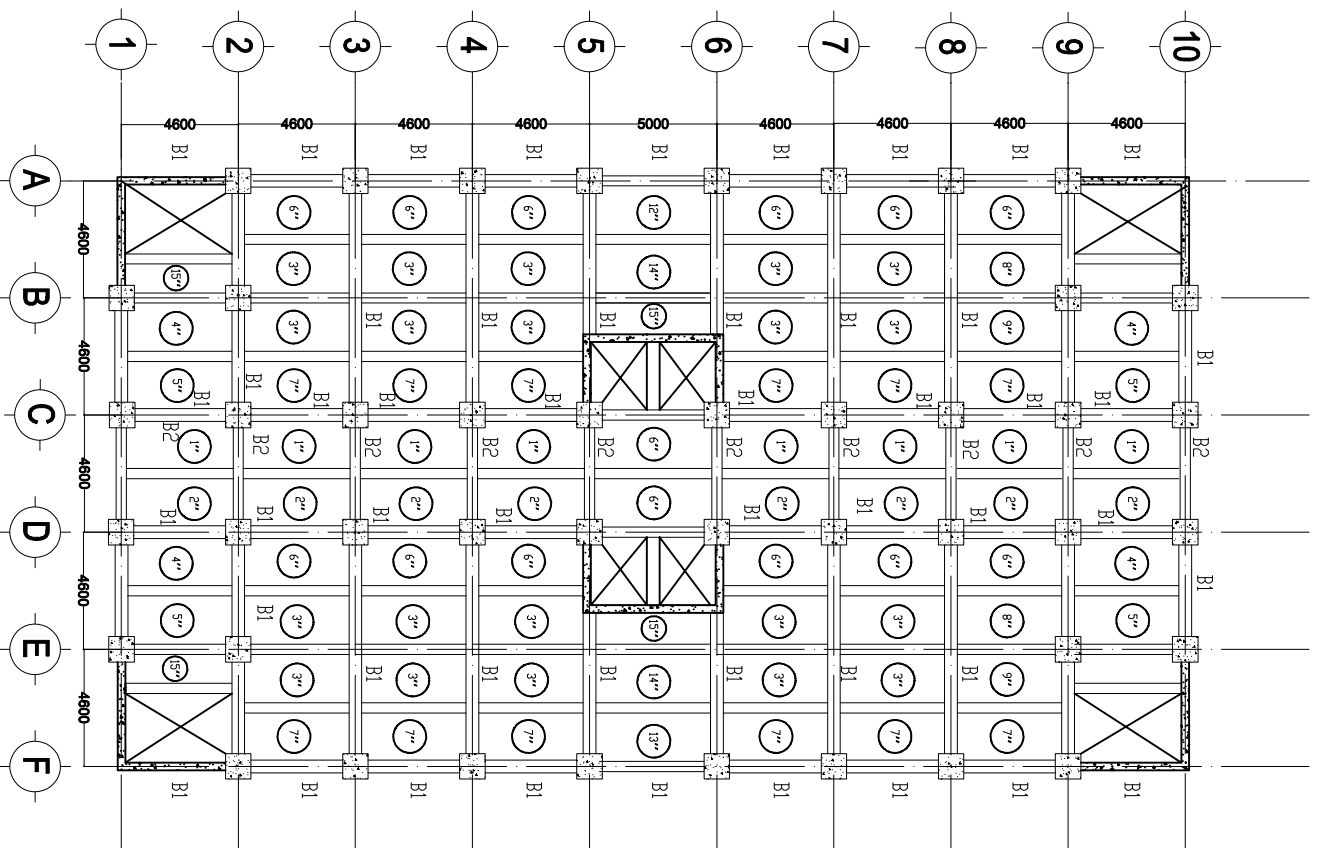
DENAH PEMODELAN TIPE PELAT LANTAI 6 - 10

Skala 1 : 300

<div>  <p>PROGRAM LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS</p> </div>	<div> <p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> <p>DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON DENGAN METODE BETON PRACETAK</p> <p>DOSEN PEMBIMBING</p> <p>BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD</p> <p>MAHASISWA</p> <p>MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR 03111545000036</p> <p>JUDUL GAMBAR</p> <p>TYPE PELAT PRACETAK</p> <p>SKALA</p> <p>I : 90</p> <p>NOMOR GAMBAR</p> <p>II 36</p> <p>CATATAN</p> </div>	<div> <p>1</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 8 bh</p>  </div>	<div> <p>2</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 8 bh</p>  </div>	<div> <p>3</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 1-5 = 16 bh</p>  </div>	
		<div> <p>4</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 5-10 = 4 bh</p>  </div>	<div> <p>5</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 5-10 = 4 bh</p>  </div>	<div> <p>6</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 5-10 = 12 bh</p>  </div>	
		<div> <p>7</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 5-10 = 12 bh</p>  </div>	<div> <p>8</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 5-10 = 2 bh</p>  </div>	<div> <p>9</p> <p>4600 X 2300</p> <p>LANTAI 5-10 = 2 bh</p>  </div>	

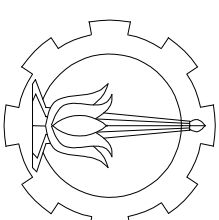
<div></div> <div>PROGRAM LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS</div>					
<div>JUDUL TUGAS AKHIR</div>					
<div>DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON DENGAN METODE BETON PRACETAK</div>					
<div>DOSEN PEMBIMBING</div>					
<div>BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD</div>					
<div>MAHASISWA</div>					
<div>MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR 03111545000036</div>					
<div>JUDUL GAMBAR</div>					
<div>TYPE PELAT PRACETAK</div>					
<div>SKALA</div>					
<div>1 : 90</div>					
<div>NOMOR GAMBAR</div>					
<div>1236</div>					
<div>CATATAN</div>					

<div>10</div> <div>4600 X 2300</div> <div>LANTAI 5-10 = 2 bh</div>	<div>11</div> <div>4600 X 2300</div> <div>LANTAI 5-10 = 2 bh</div>	<div>12</div> <div>4600 X 2300</div> <div>LANTAI 5-10 = 8 bh</div>
<div></div>	<div></div>	<div></div>
<div>13</div> <div>4600 X 2300</div> <div>LANTAI 5-10 = 1 bh</div>	<div>14</div> <div>5000 X 2300</div> <div>LANTAI 5-10 = 2 bh</div>	<div>15</div> <div>4600 X 1533</div> <div>LANTAI 5-10 = 6 bh</div>
<div></div>	<div></div>	<div></div>



DENAH PEMODELAN TIPE PELAT LANTAI 11 - 15 (ATAP)

Skala 1 : 300



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DENAH PEMODELAN PELAT
LANTAI II - 15 (ATAP)

SKALA

1 : 250

NOMOR GAMBAR

13

36

CATATAN



JUDUL TUGAS AKHIR

**DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK**

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

**TYPE PELAT
PRACETAK**

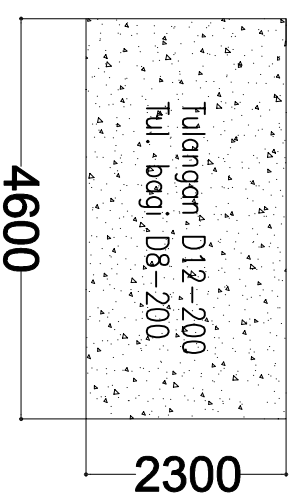
SKALA

06:1

NOMOR GAMBAR

14	36
----	----

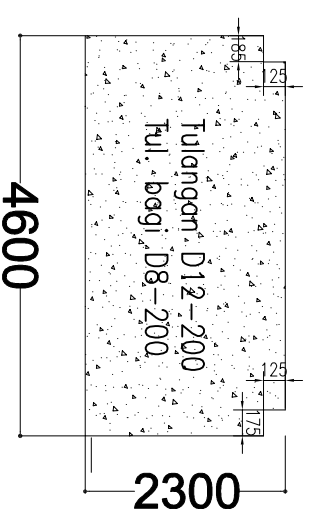
CATATAN



LANTAI 11-15 = 8 bh

LANTAI 11-15 = 8 kh

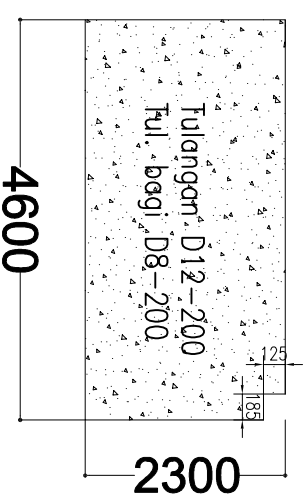
LANTAI 11-15 = 16 kh



LANTAI 11-15 = 4 bh

LANTAI 11-15 = 4 kh

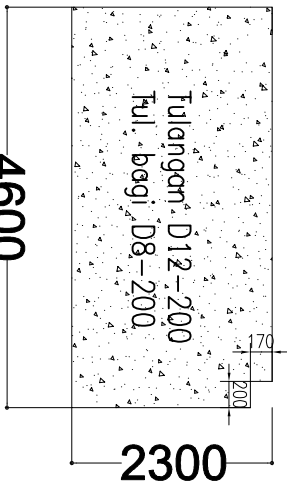
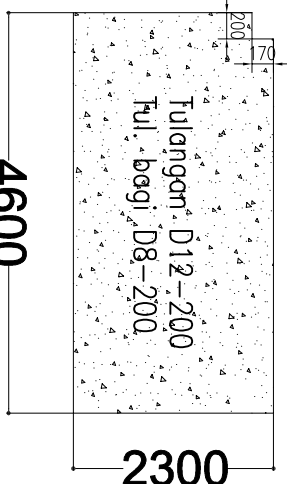
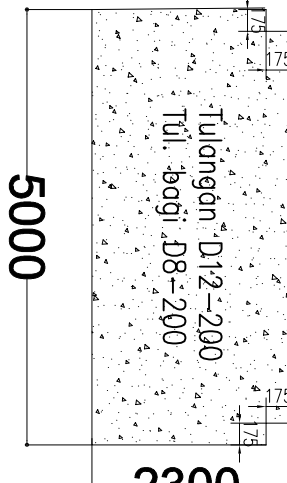
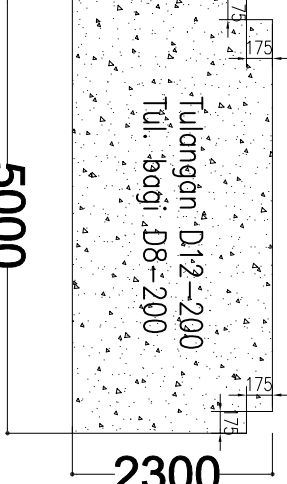
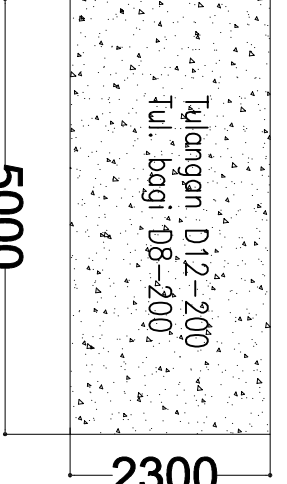
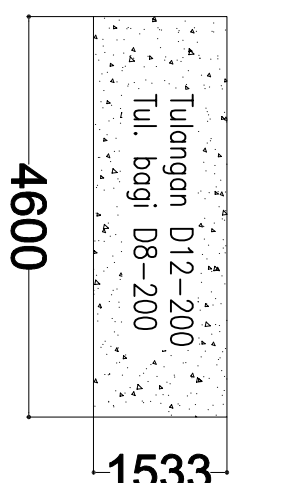
LANTAI 11-15 = 12 kh

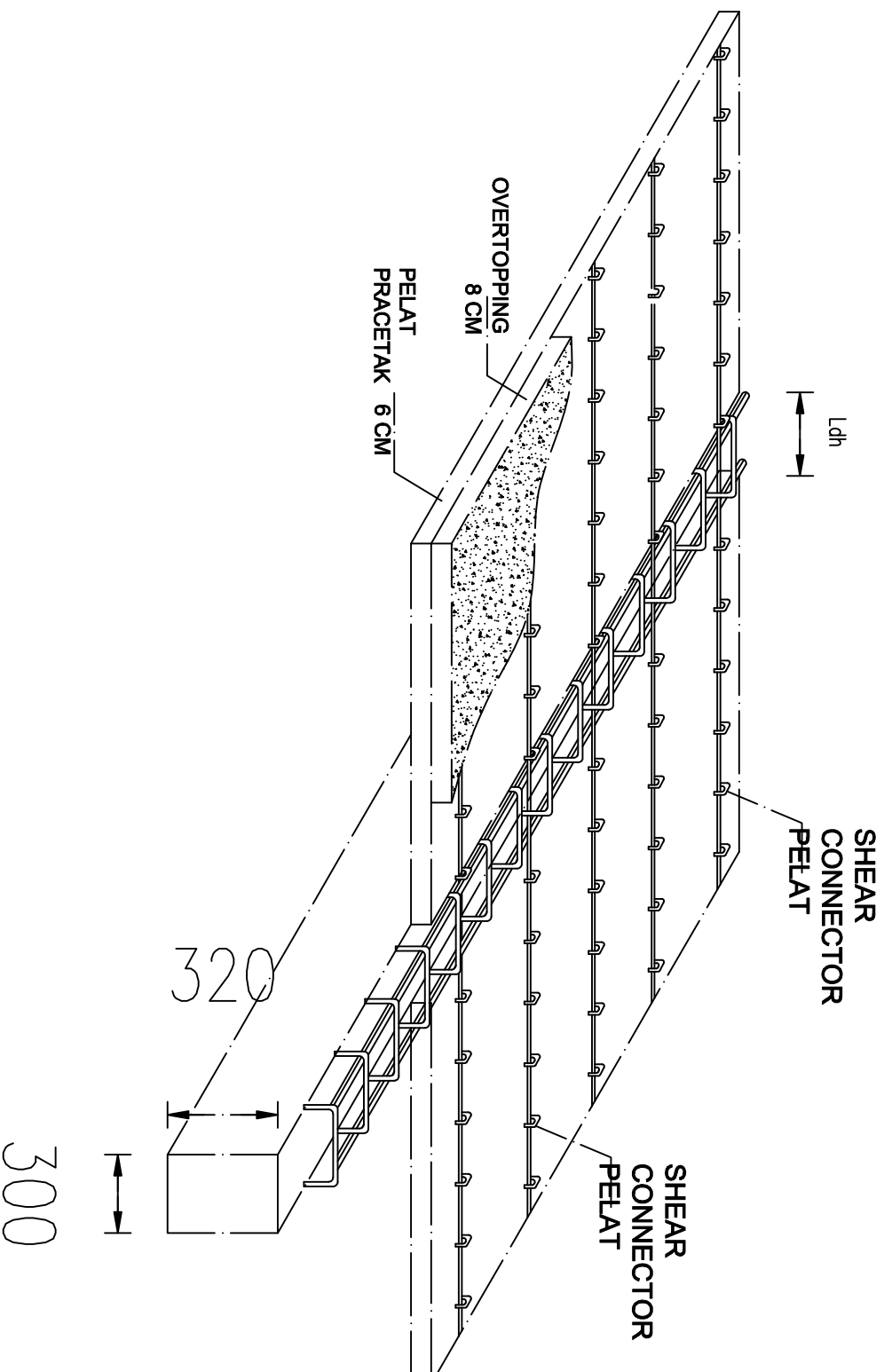


LANTAI 11-15 = 12 kh

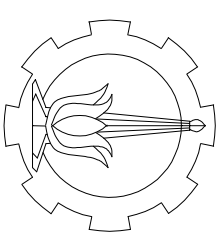
LANTAI 11-15 = 4 bh

LANTAI 11-15 = 4 bh

			<div data-bbox="1308 1904 1524 2116"> </div> <div data-bbox="1204 1870 1284 2150"> <p>PROGRAM LINTAS JALUR JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP-ITS</p> </div> <div data-bbox="1141 1888 1173 2134"> <p>JUDUL TUGAS AKHIR</p> </div>
<div data-bbox="1101 309 1125 336">10</div> <div data-bbox="1066 277 1090 414">4600 X 1533</div> <div data-bbox="1032 239 1056 477">LANTAI 11-15 = 2 bh</div>	<div data-bbox="1101 907 1125 934">11</div> <div data-bbox="1066 875 1090 1012">4600 X 1533</div> <div data-bbox="1032 837 1056 1075">LANTAI 11-15 = 2 bh</div>	<div data-bbox="1101 1534 1125 1561">12</div> <div data-bbox="1066 1503 1090 1639">4600 X 2300</div> <div data-bbox="1032 1464 1056 1702">LANTAI 11-15 = 8 bh</div>	<p>DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON DENGAN METODE BETON PRACETAK</p>
			<div data-bbox="922 1888 954 2128">DOSEN PEMBIMBING</div> <div data-bbox="829 1870 858 2150">BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD</div> <div data-bbox="746 1937 774 2083">MAHASISWA</div> <div data-bbox="673 1852 718 2168">MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR 03111545000036</div>
<div data-bbox="614 315 638 342">13</div> <div data-bbox="576 277 600 414">5000 X 2300</div> <div data-bbox="542 239 566 477">LANTAI 11-15 = 1 bh</div>	<div data-bbox="614 907 638 934">14</div> <div data-bbox="576 875 600 1012">5000 X 2300</div> <div data-bbox="542 837 566 1075">LANTAI 11-15 = 2 bh</div>	<div data-bbox="614 1534 638 1561">15</div> <div data-bbox="576 1503 600 1639">5000 X 2300</div> <div data-bbox="542 1464 566 1702">LANTAI 11-15 = 6 bh</div>	<div data-bbox="614 1917 646 2105">JUDUL GAMBAR</div> <div data-bbox="510 1946 558 2067">TYPE PELAT PRACETAK</div>
			<div data-bbox="426 1968 450 2049">SKALA</div>
			<div data-bbox="370 1982 394 2036">1 : 90</div>
			<div data-bbox="306 1912 330 2107">NOMOR GAMBAR</div>
			<div data-bbox="242 1906 266 1926">15</div> <div data-bbox="242 2078 266 2107">36</div>
			<div data-bbox="178 1951 202 2067">CATATAN</div>



DETAIL SAMBUNGAN BALOK PELAT
Skala 1:30



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN
BALOK PELAT

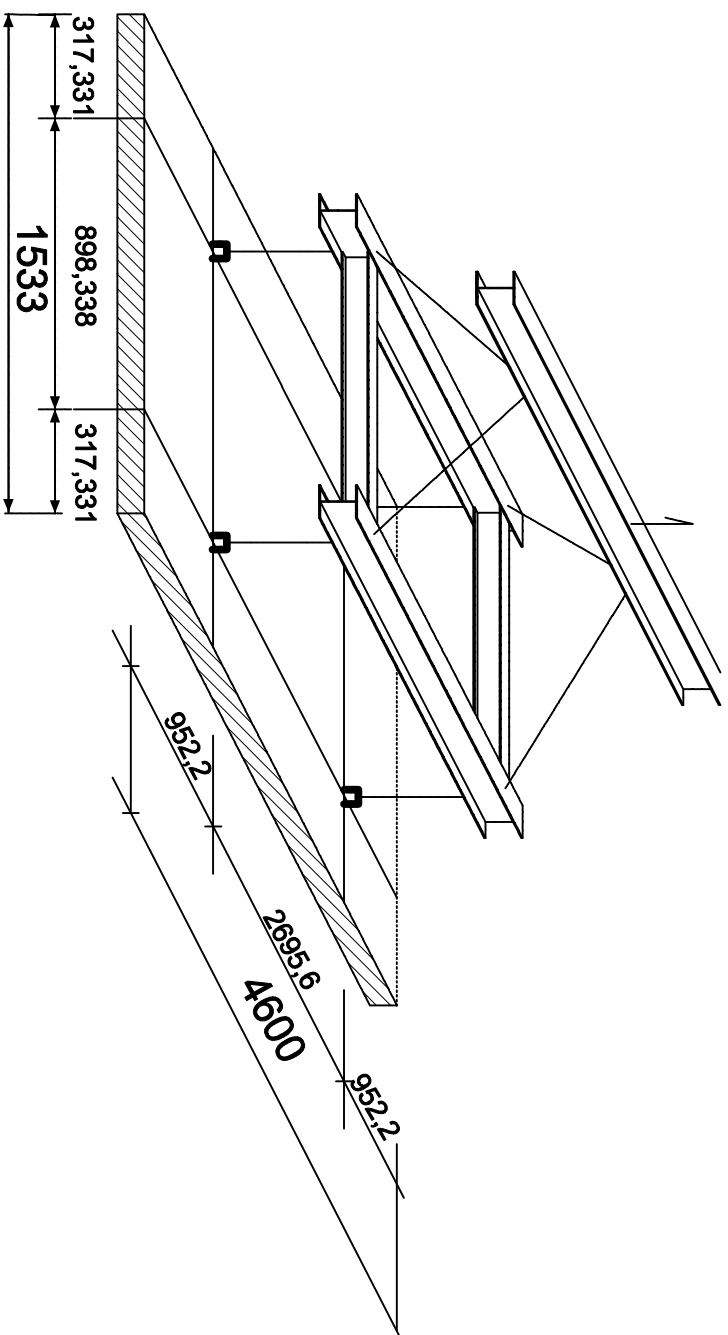
SKALA

Skala 1:30

NOMOR GAMBAR

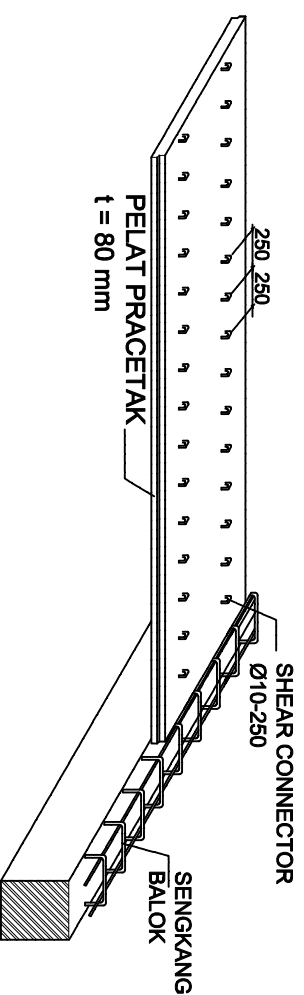
16 36

CATATAN



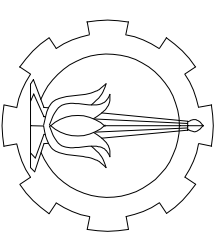
TITIK PENGANGKATAN PELAT HS

Skala 1: 50



SKETSA TULANGAN STUD PELAT HS

Skala 1: 50



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

TITIK PENGANGKATAN PELAT HS
&
SKETSA TULANGAN STUD

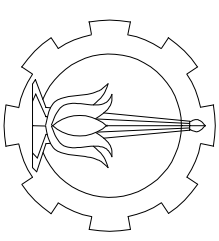
SKALA

Skala 1:50

NOMOR GAMBAR

17 36

CATATAN



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN PELAT
PRACETAK

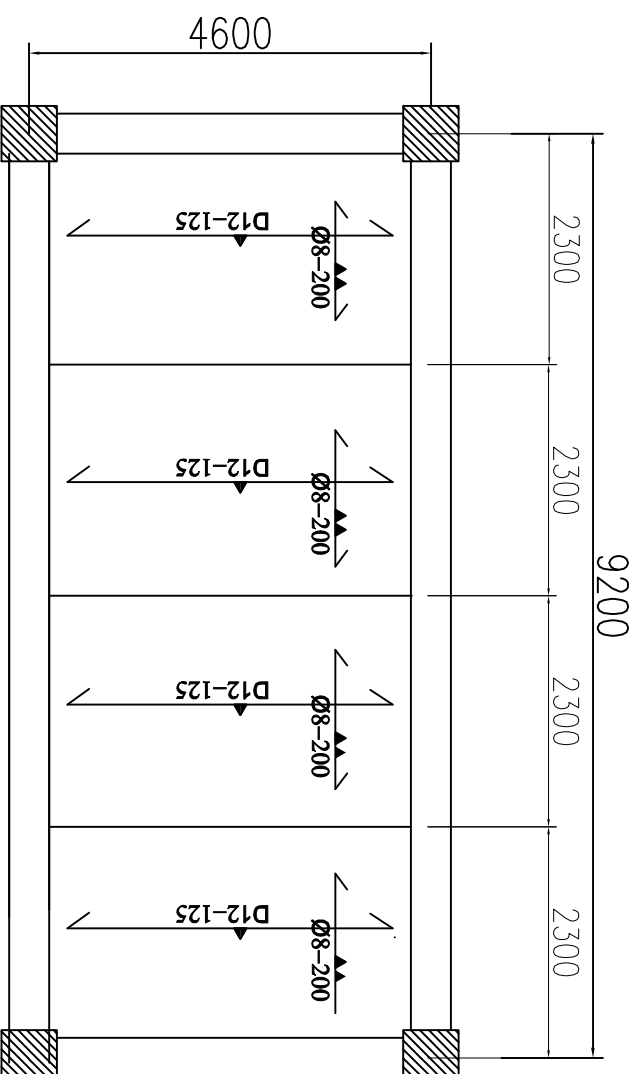
SKALA

SKALA I : 75

NOMOR GAMBAR

18 36

CATATAN



SISTEM PENULANGAN PELAT PRACETAK

Skala 1 : 100

Tabel Ukuran Kolom

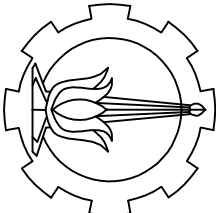
No	Tipe Kolom	Ukuran Kolom
1	K1	100 cm x 100 cm
2	K2	80 cm x 80 cm
3	K3	75 cm x 75 cm

Lt. 15	+57.000	K3	B1	K3	B2	K3	B1	K3
Lt. 14	+53.000	K3	B1	K3	B2	K3	B1	K3
Lt. 13	+49.000	K3	B1	K3	B2	K3	B1	K3
Lt. 12	+45.000	K3	B1	K3	B2	K3	B1	K3
Lt. 11	+41.000	K3	B1	K3	B2	K3	B1	K3
Lt. 10	+37.000	K2	B1	K2	B2	K2	B1	K2
Lt. 9	+33.000	K2	B1	K2	B2	K2	B1	K2
Lt. 8	+29.000	K2	B1	K2	B2	K2	B1	K2
Lt. 7	+25.000	K2	B1	K2	B2	K2	B1	K2
Lt. 6	+21.000	K2	B1	K2	B2	K2	B1	K2
Lt. 5	+17.000	K1	B1	K1	B2	K1	B1	K1
Lt. 4	+13.000	K1	B1	K1	B2	K1	B1	K1
Lt. 3	+9.000	K1	B1	K1	B2	K1	B1	K1
Lt. 2	+5.000	K1	B1	K1	B2	K1	B1	K1
Lt. 1	+0.000	K1	B1	K1	B2	K1	B1	K1
Lt Dasar	-5.000	K1		K1		K1		K1

9200

4600

9200



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

Denah Kolom Melintang

SKALA

Skala 1:300

NOMOR GAMBAR

I9

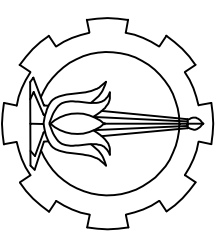
36

CATATAN

No	Tipe Kolom	Ukuran Kolom
1	K1	100 cm x 100 cm
2	K2	80 cm x 80 cm
3	K3	75 cm x 75 cm

No	Tipe Kolom	Ukuran Kolom
1	K1	100 cm x 100 cm
2	K2	80 cm x 80 cm
3	K3	75 cm x 75 cm

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10



FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PRACETAK

DOSÉN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST., MT, PHD

MAHASISWA,

0311545000036

JUDUL GAMBAR

Denan Kolom Memanjang

SKALA

Skala 1:30

NOMOR GAMBAR

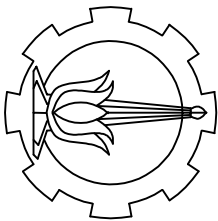
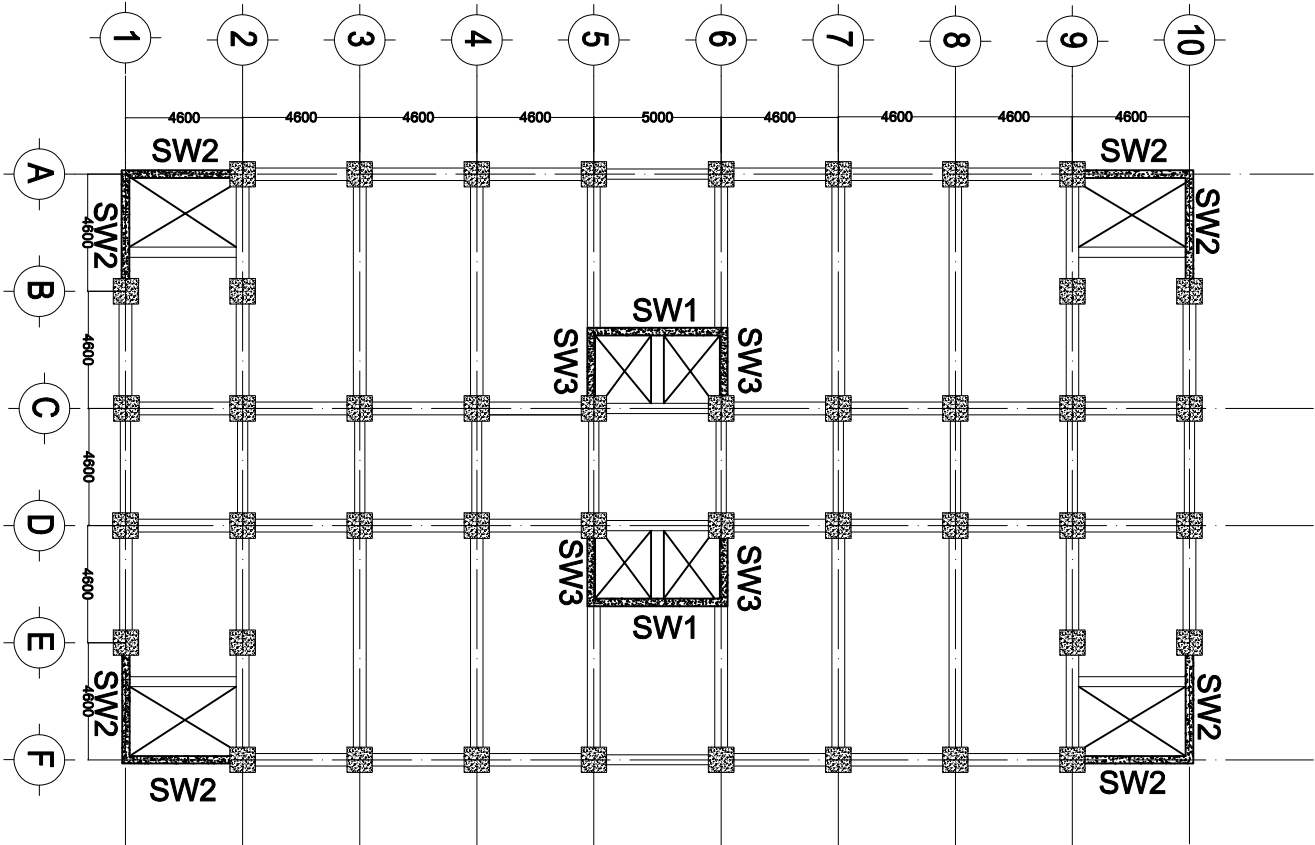
20

36

CATATA

Tabel Dinding Geser

No	Tipe	L (cm)	Tebal (cm)
1	SW1	500	30
2	SW2	460	30
3	SW3	230	30



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DENAH DINDING GESER

SKALA

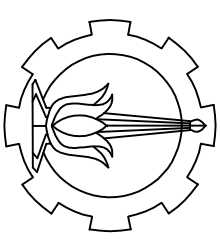
1 : 300

NOMOR GAMBAR

21

36

CATATAN



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMPALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN DINDING GESER

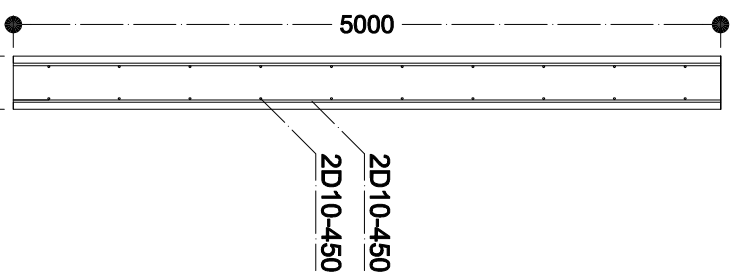
SKALA

Skala 1:40

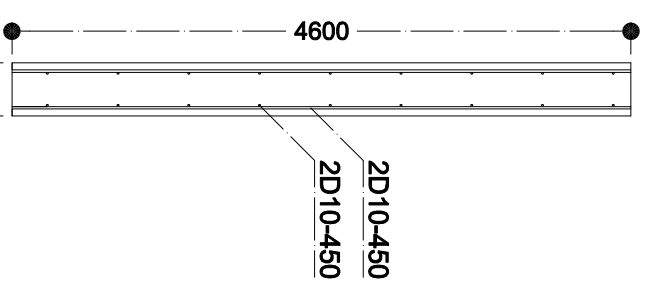
NOMOR GAMBAR

22 36

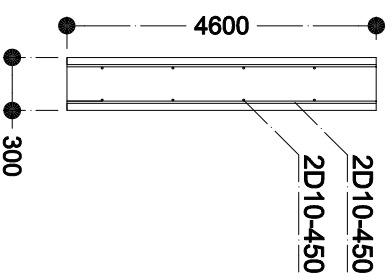
CATATAN



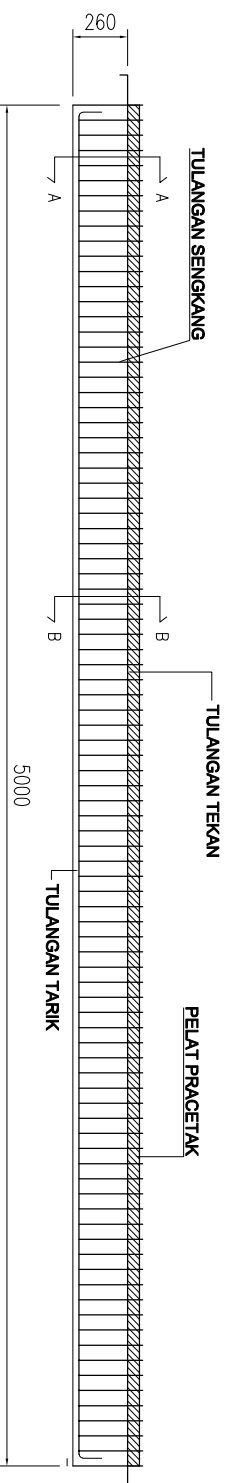
Perencanaan Dinding Geser SW 1
Skala 1:40



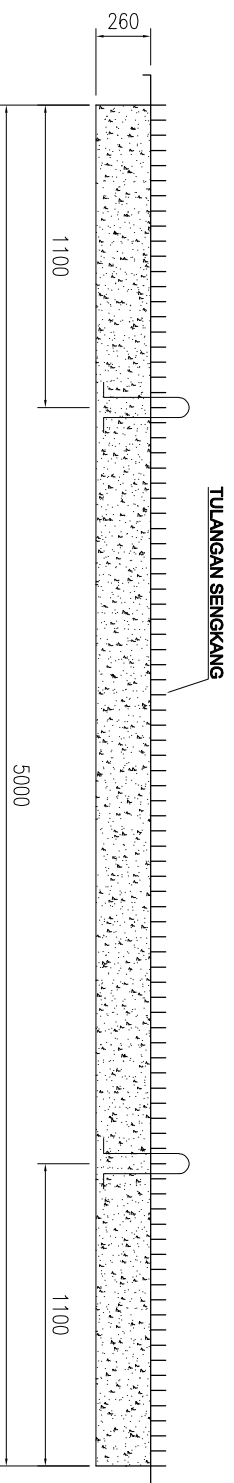
Perencanaan Dinding Geser SW 2
Skala 1:40



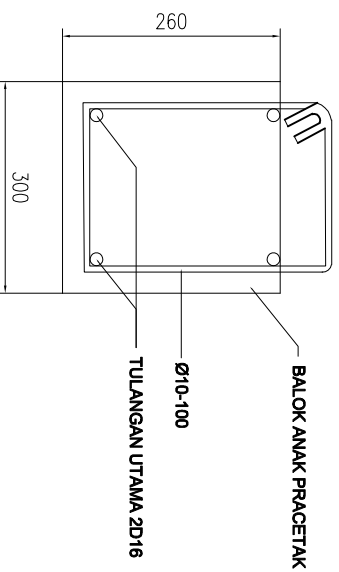
Perencanaan Dinding Geser SW 3
Skala 1:40



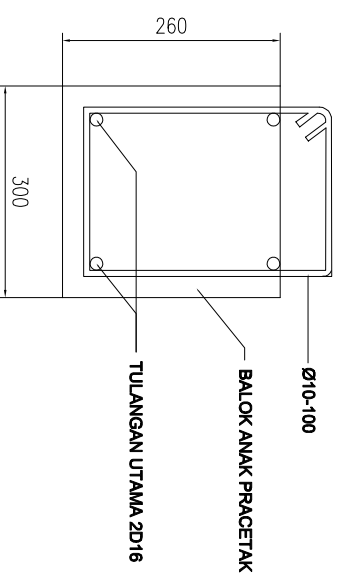
BALOK ANAK SEBELUM KOMPOSIT
Skala 1: 30



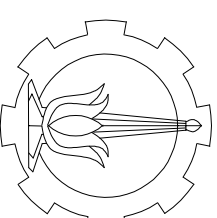
PENGANGKATAN BALOK ANAK
Skala 1: 30



POTONGAN A-A
Skala 1: 12.5



POTONGAN B-B
Skala 1: 12.5



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

BALOK ANAK SEBELUM KOMPOSIT

SKALA

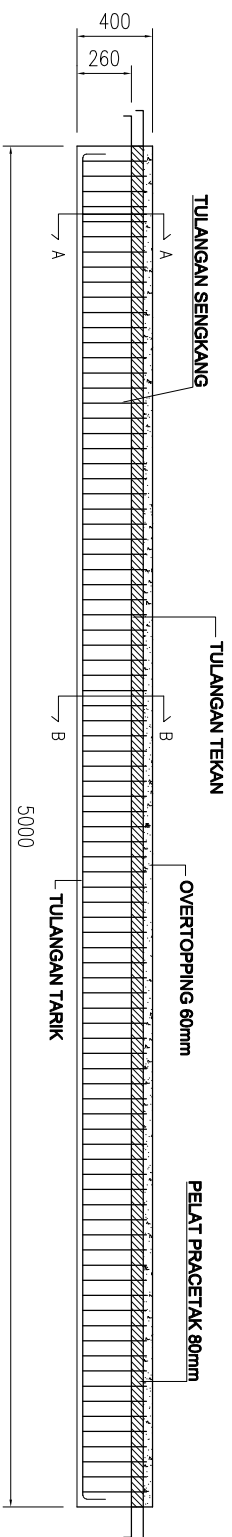
1 : 50 ; 1 : 12.5

NOMOR GAMBAR

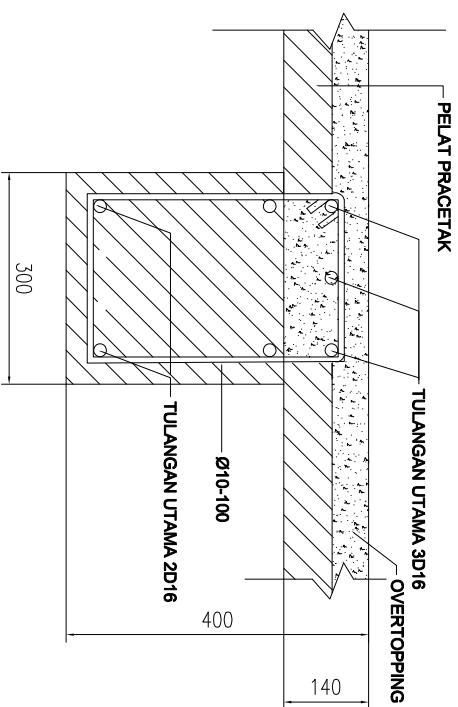
23

36

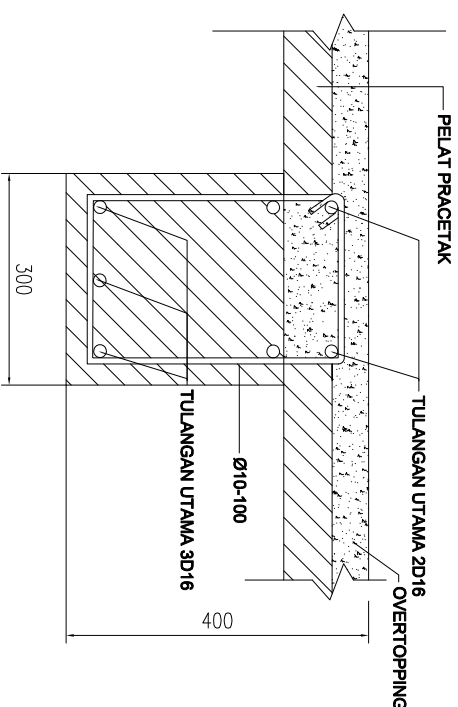
CATATAN



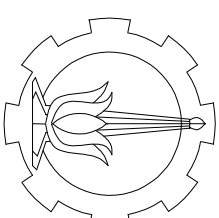
DETAIL BALOK ANAK SETELAH KOMPOSIT
Skala 1 : 30



POTONGAN A-A BALOK ANAK SETELAH KOMPOSIT
Skala 1 : 12,5



POTONGAN B-B BALOK ANAK SETELAH KOMPOSIT
Skala 1 : 12,5



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

BALOK ANAK SETELAH KOMPOSIT

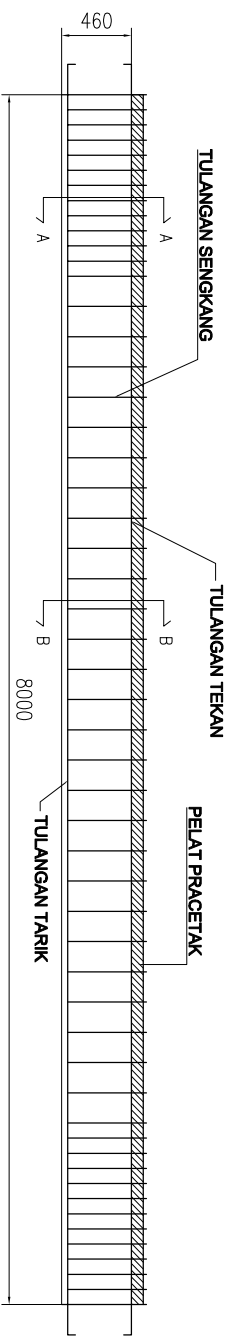
SKALA

1 : 50 ; 1 : 12,5

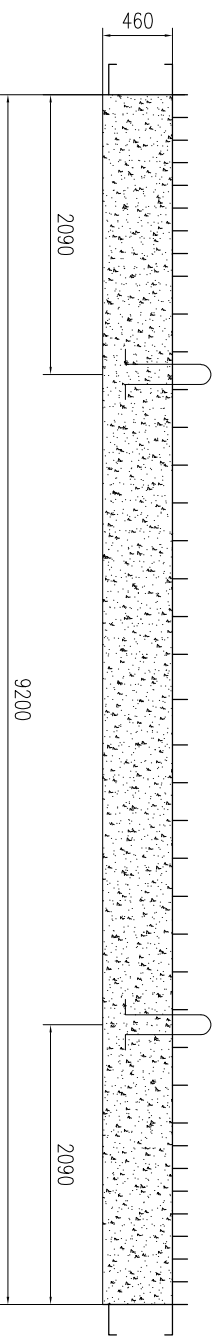
NOMOR GAMBAR

24 36

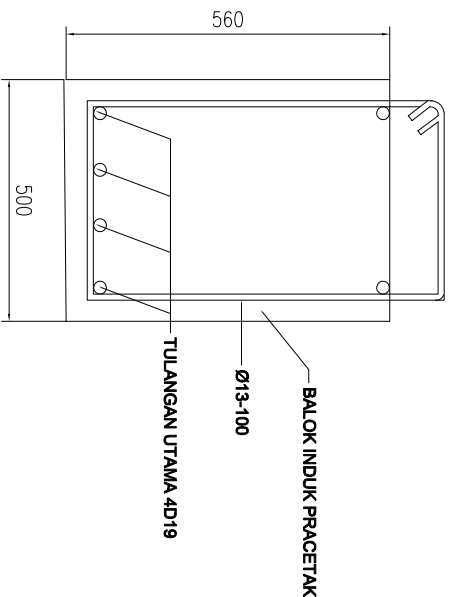
CATATAN



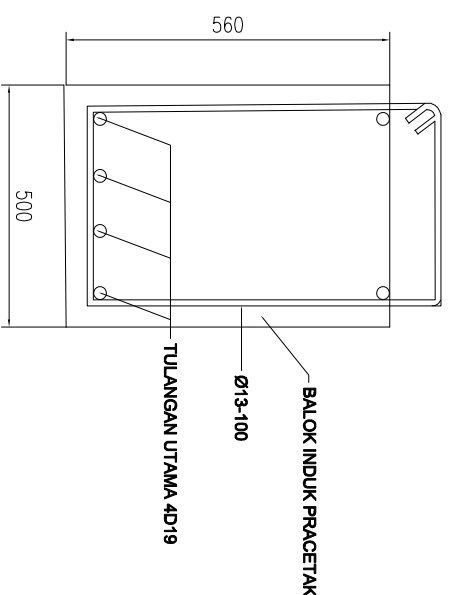
BALOK INDUK B1 SEBELUM KOMPOSIT
Skala 1: 30



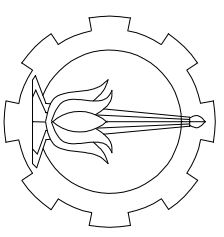
PENGANGKATAN BALOK INDUK B1
Skala 1: 30



POTONGAN A-A
Skala 1: 12.5



POTONGAN B-B
Skala 1: 12.5



**PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS**

JUDUL TUGAS AKHIR

**DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK**

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

**MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036**

JUDUL GAMBAR

**BALOK INDUK BI SEBELUM
KOMPOSIT**

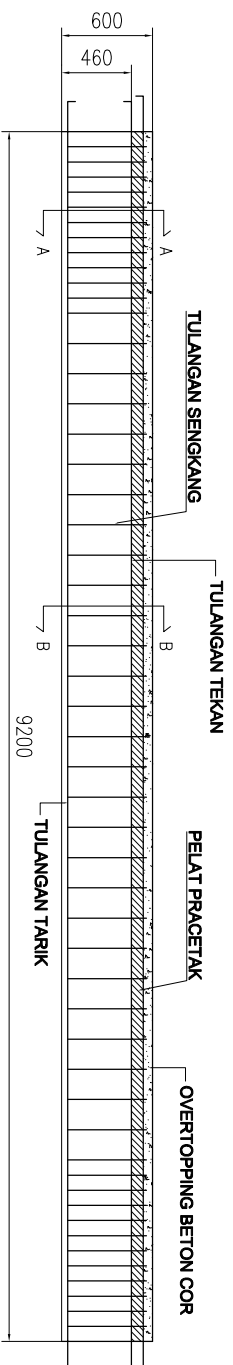
SKALA

1 : 50 ; 1 : 12.5

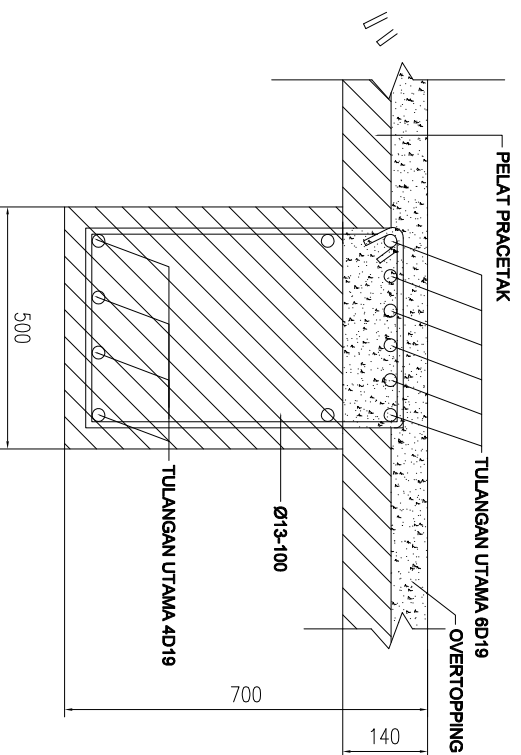
NOMOR GAMBAR

25 36

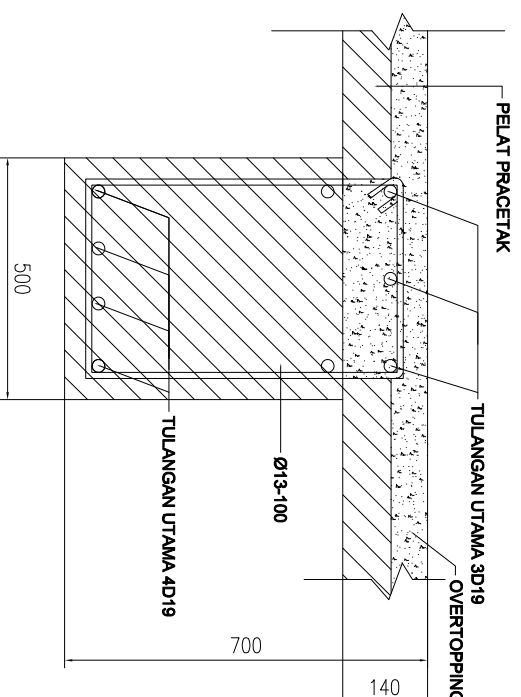
CATATAN



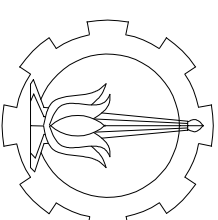
DETAIL BALOK INDUK B1 SETELAH KOMPOSIT
Skala 1: 30



POTONGAN A-A
Skala 1: 12.5



POTONGAN B-B
Skala 1: 12.5



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

BALOK INDUK B1 SETELAH
KOMPOSIT

SKALA

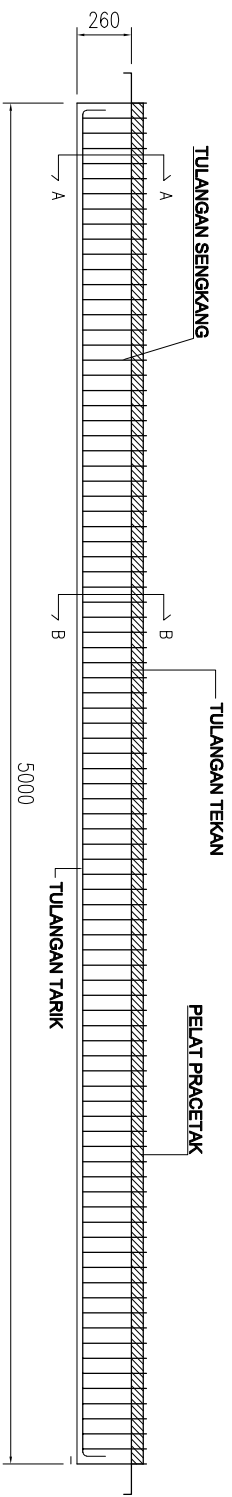
1 : 50 ; 1 : 12.5

NOMOR GAMBAR

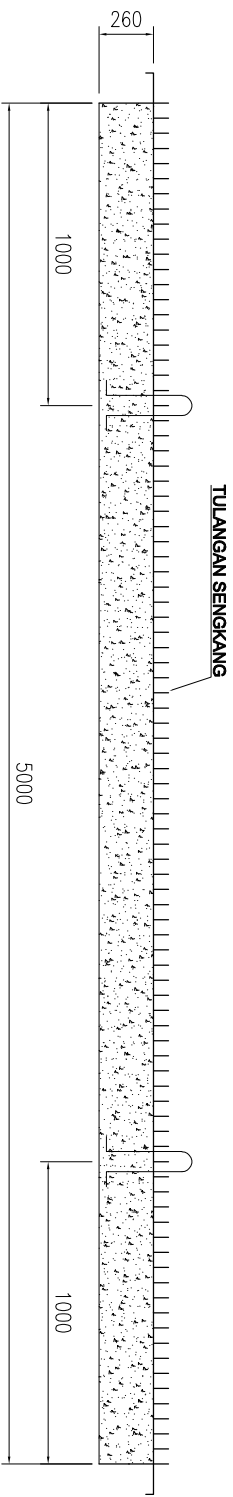
26

36

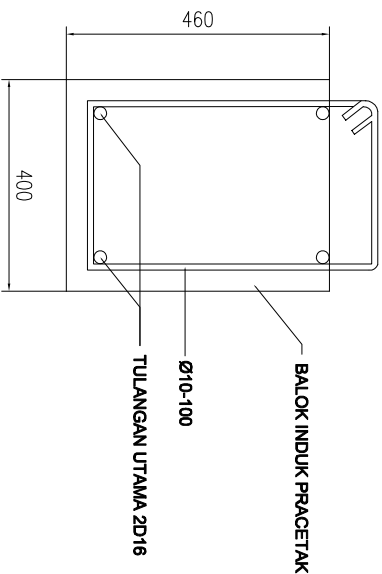
CATATAN



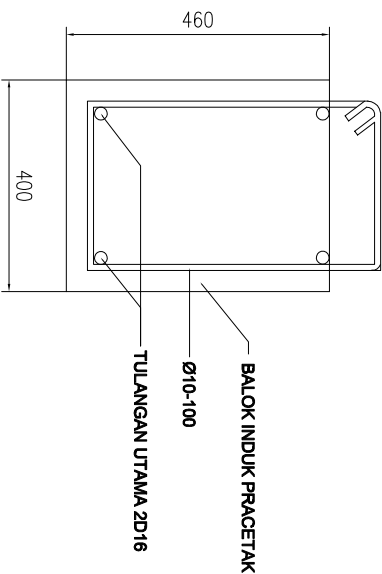
BALOK B2 SEBELUM KOMPOSIT
Skala 1: 30



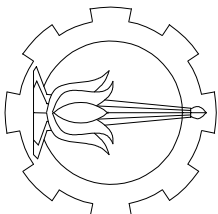
PENGANGKATAN BALOK INDUK
Skala 1: 30



POTONGAN A-A
Skala 1: 12.5



POTONGAN B-B
Skala 1: 12.5



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

BALOK INDUK B2 SEBELUM
KOMPOSIT

SKALA

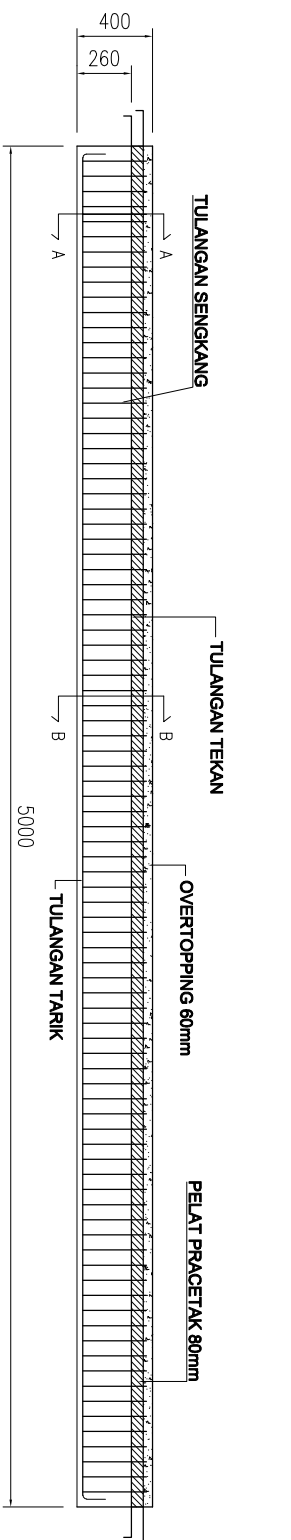
1 : 50 ; 1 : 12.5

NOMOR GAMBAR

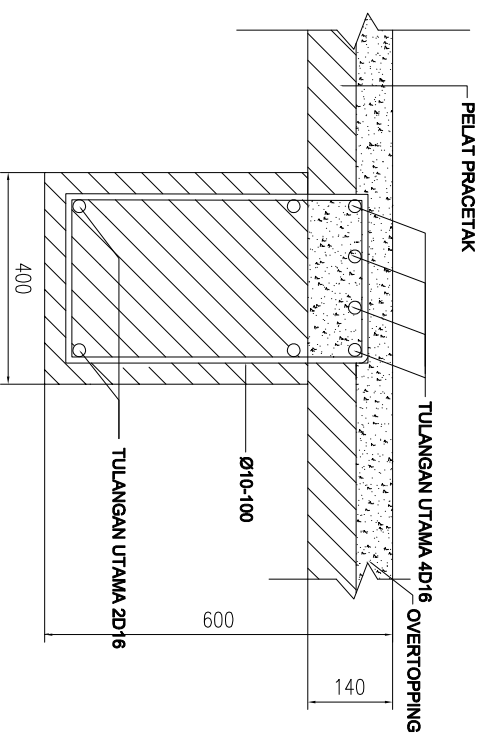
27

36

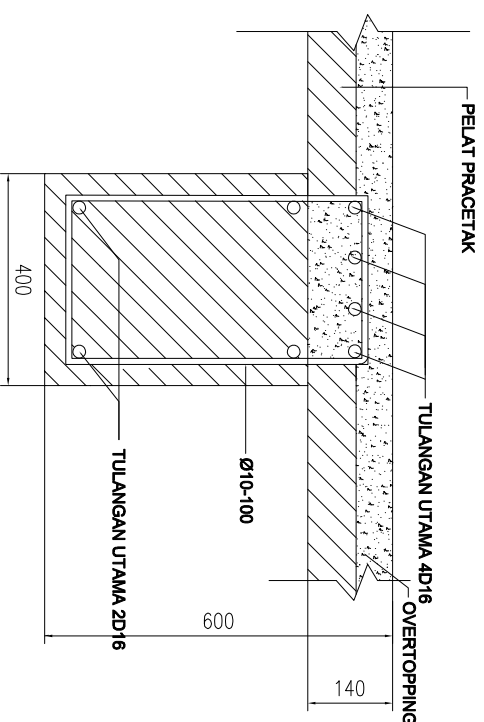
CATATAN



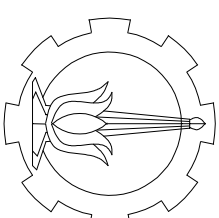
DETAIL BALOK B2 SETELAH KOMPOSIT
Skala 1: 30



POTONGAN A-A BALOK B2 SETELAH KOMPOSIT
Skala 1: 12,5



POTONGAN B-B BALOK B2 SETELAH KOMPOSIT
Skala 1: 12,5



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

BALOK INDIK BI SETELAH
KOMPOSIT

SKALA

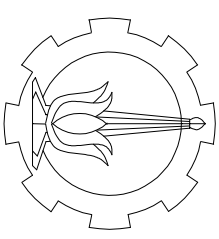
1 : 50 ; 1 : 12,5

NOMOR GAMBAR

28

36

CATATAN



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
0311154.5000036

JUDUL GAMBAR

SAMBUNGAN BALOK INDUK
BALOK ANAK

SKALA

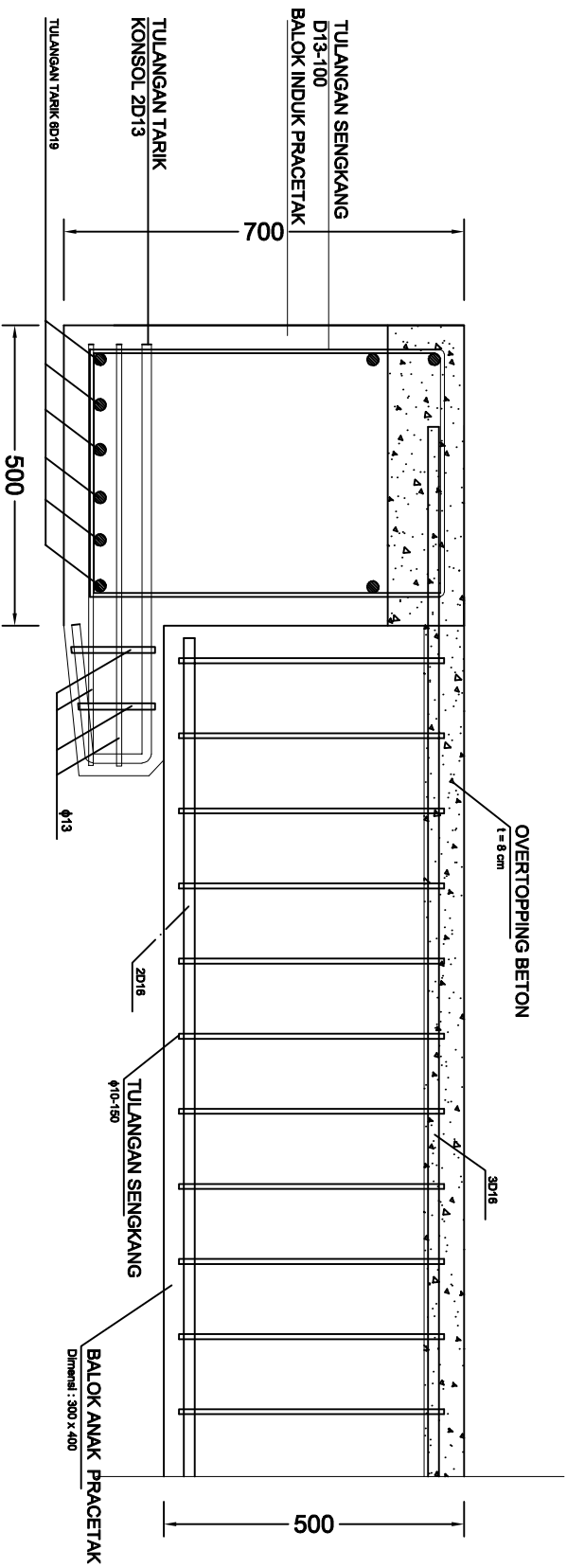
1 : 50

NOMOR GAMBAR

29

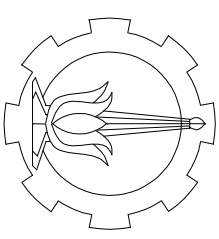
36

CATATAN



DETAIL SAMBUNGAN BALOK INDUK EKSTERIOR DAN BALOK ANAK

SKALA 1 : 50



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN KOLOM K2'

SKALA

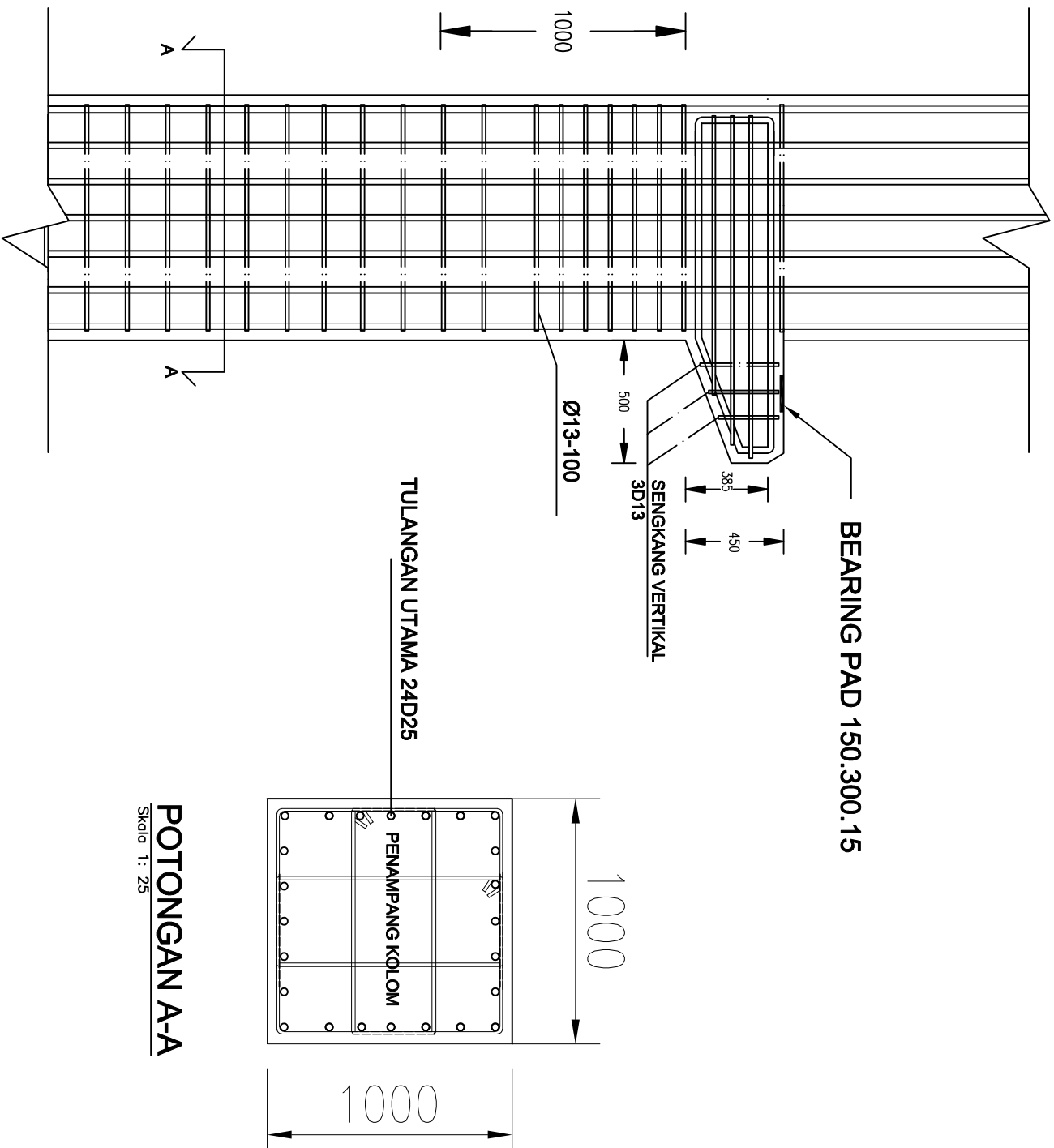
1 : 25

NOMOR GAMBAR

30

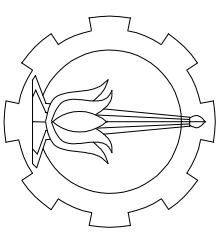
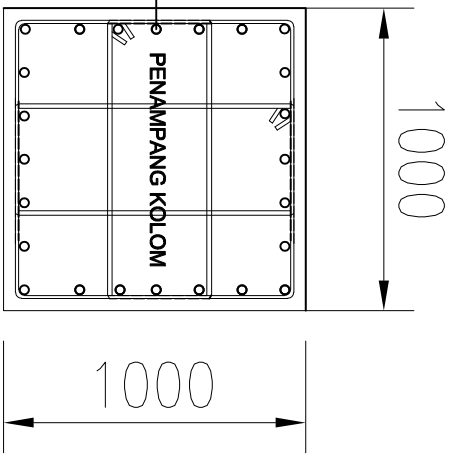
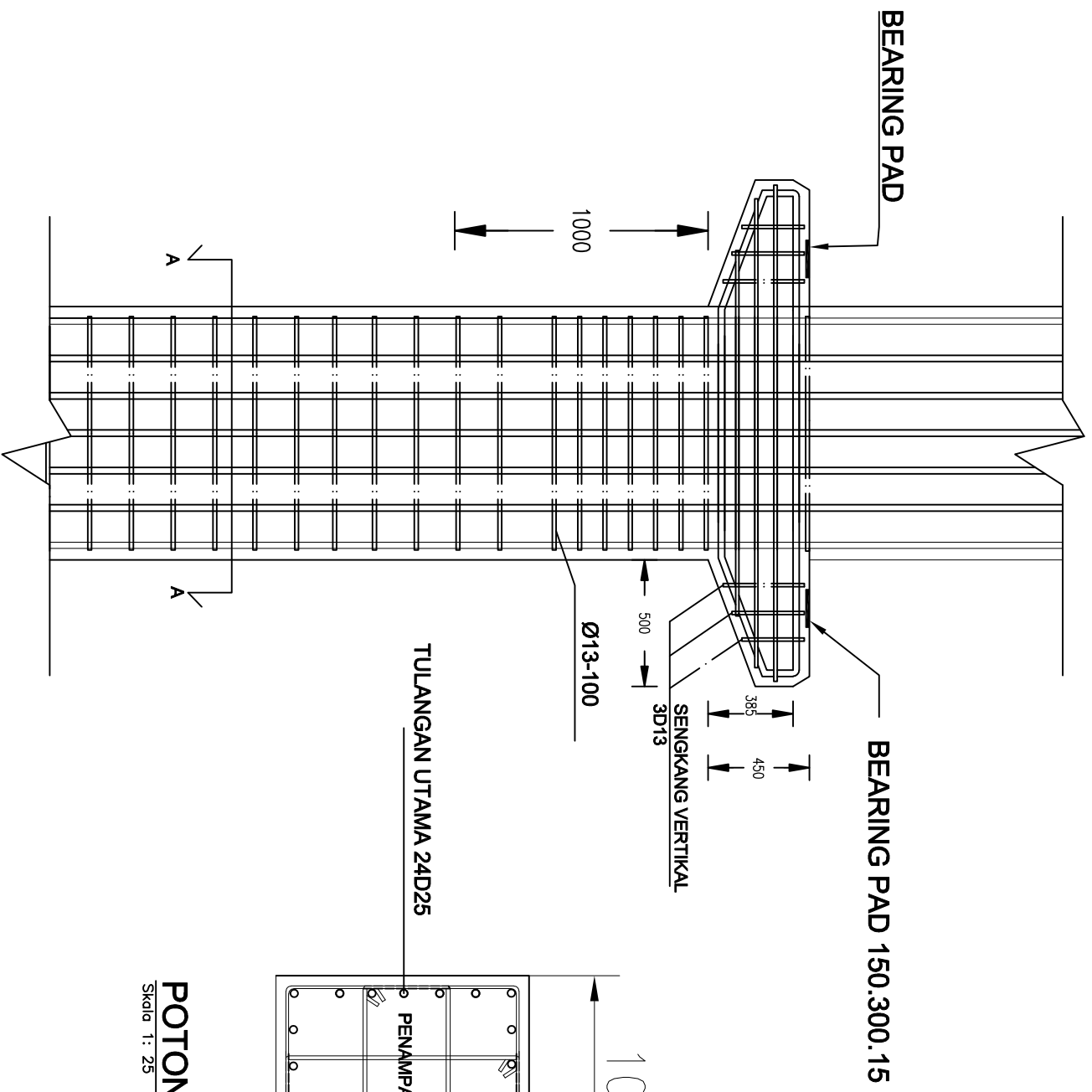
36

CATATAN



PENULANGAN KOLOM K2'

Skala 1: 25



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN KOLOM K1'

SKALA

1 : 25

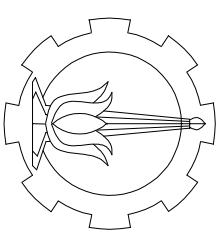
NOMOR GAMBAR

31 36

CATATAN

PENULANGAN KOLOM K1'

Skala 1 : 25



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK
KOLOM EKSTERIOR

SKALA

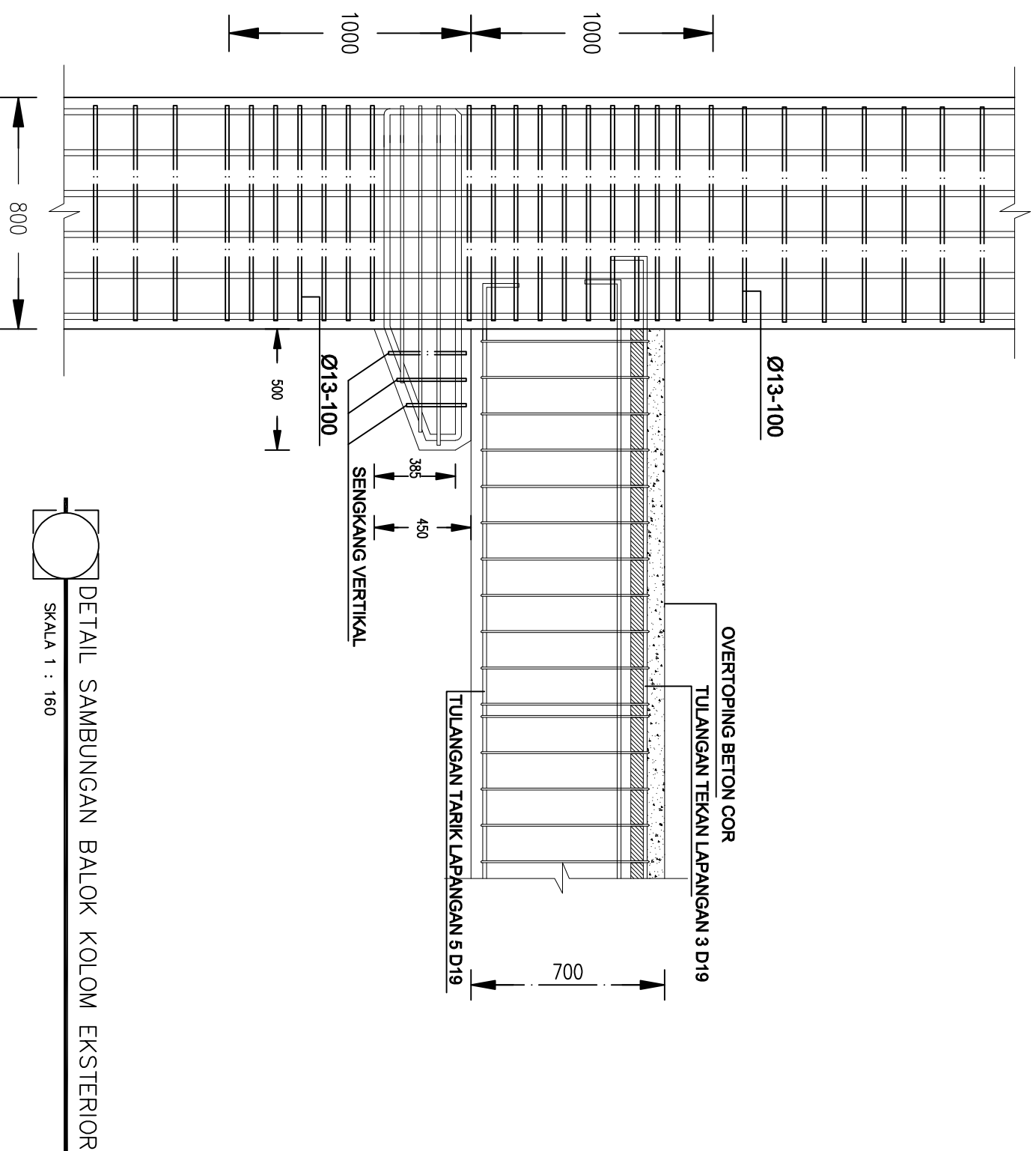
1 : 25

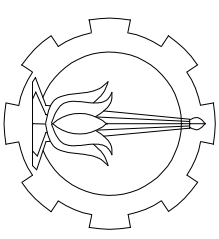
NOMOR GAMBAR

32

36

CATATAN





PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DETAIL SAMBUNGAN BALOK
KOLOM INTERIOR

SKALA

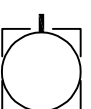
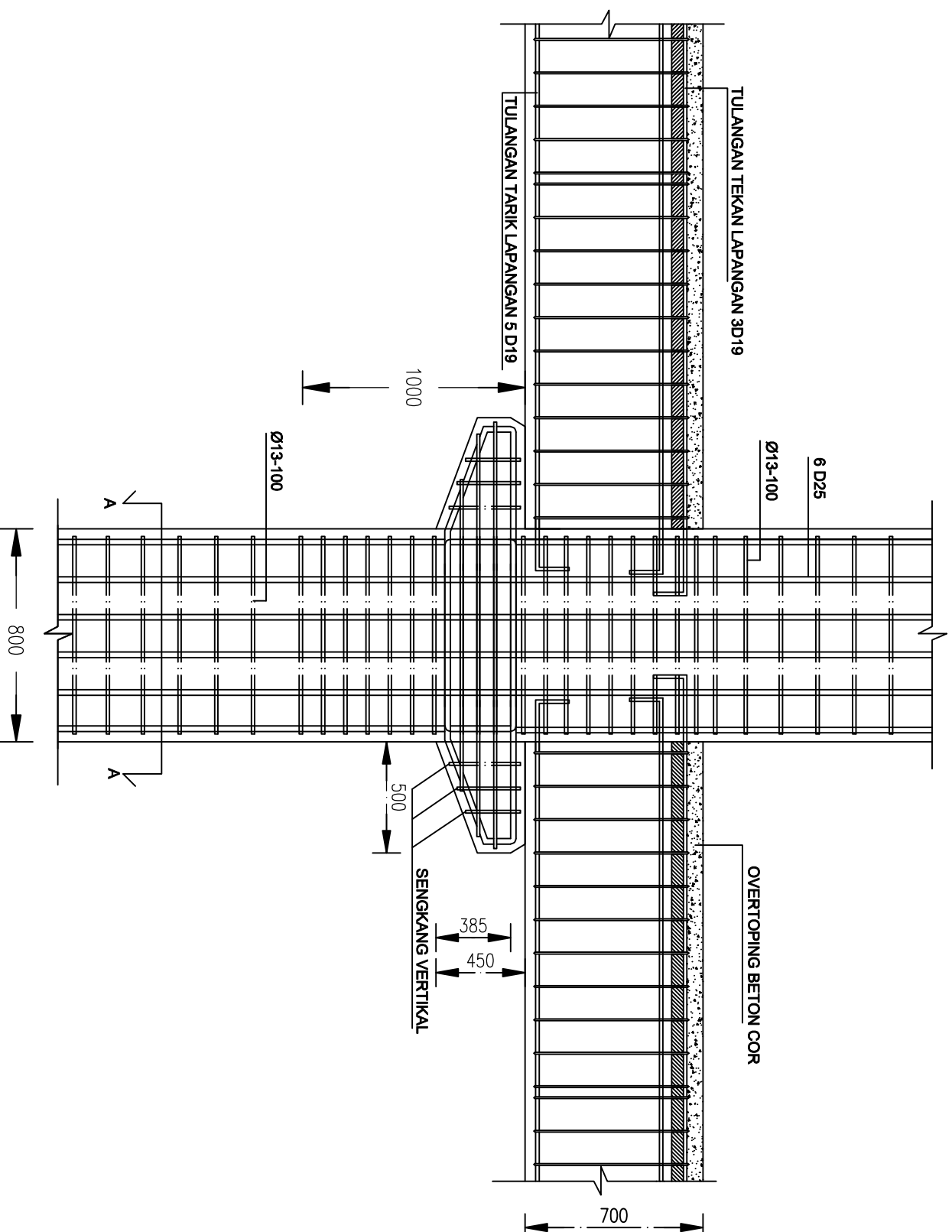
1 : 25

NOMOR GAMBAR

33

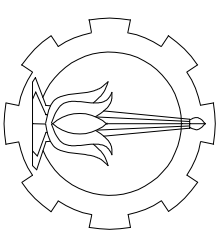
36

CATATAN



DETAIL SAMBUNGAN BALOK KOLOM INTERIOR

SKALA 1 : 160



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DENAH PONDASI

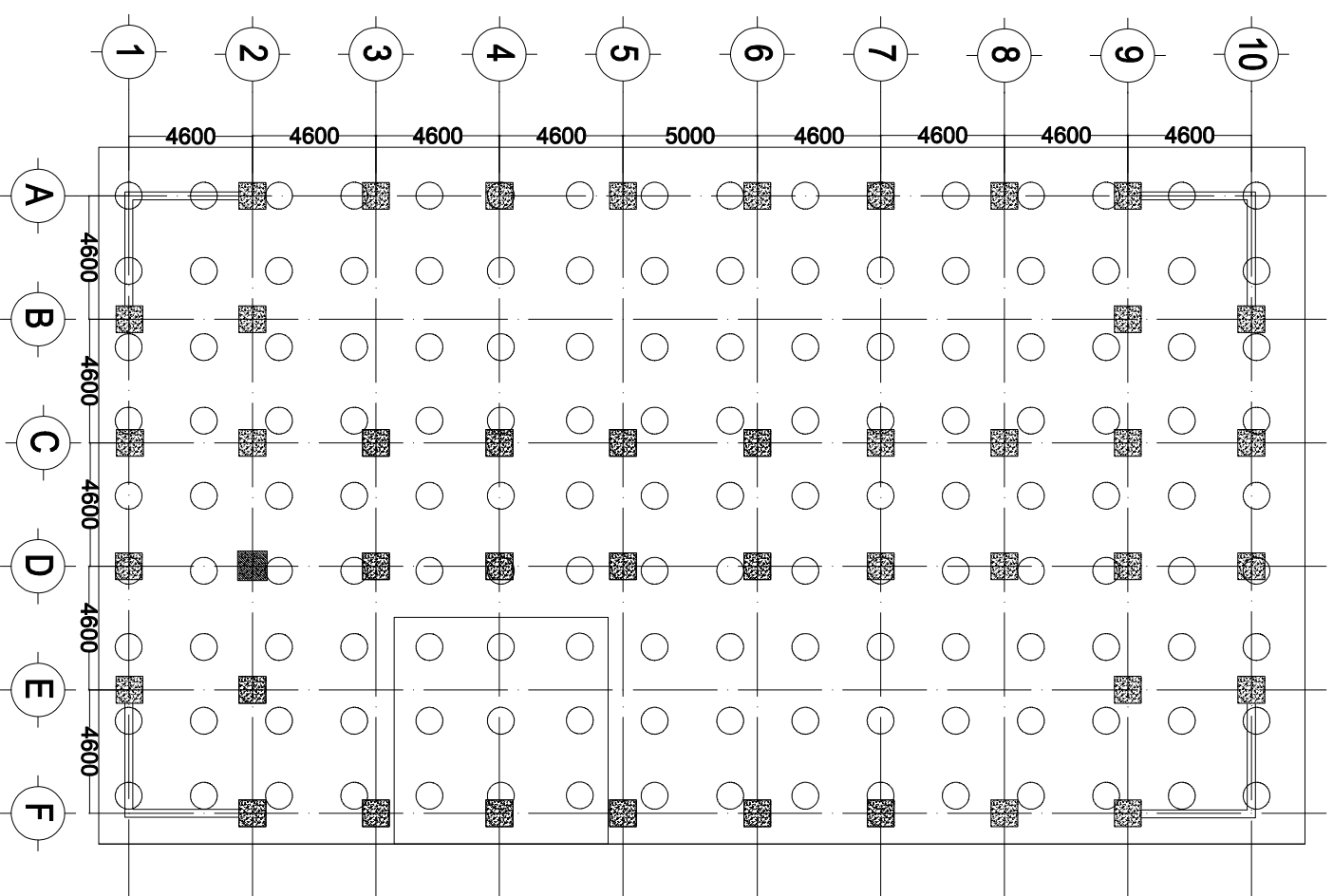
SKALA

1 : 250

NOMOR GAMBAR

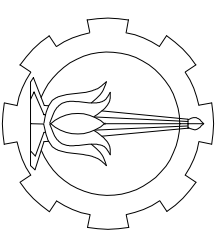
35 36

CATATAN



DENAH PONDASI

Skala 1 : 250



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

DETAIL POTONGAN
TIANG PANCANG

SKALA

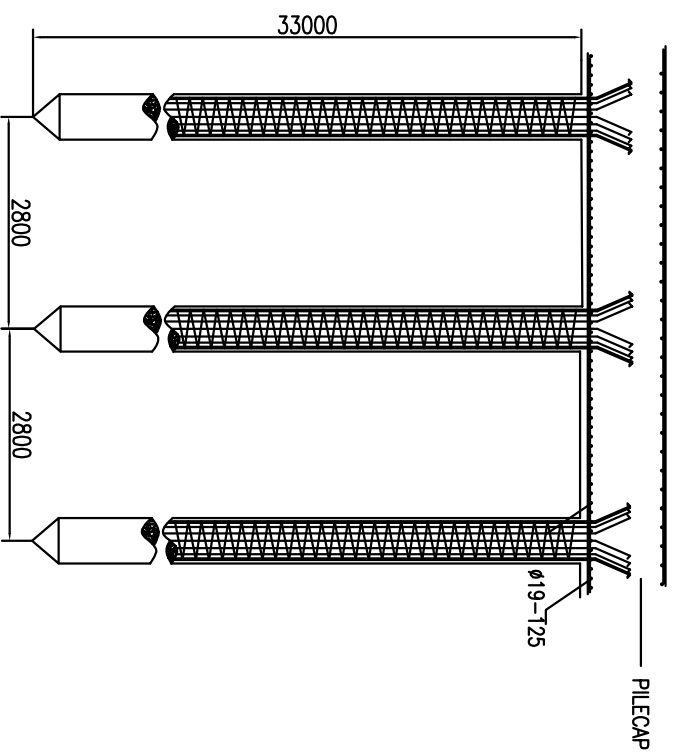
1 : 25

NOMOR GAMBAR

36

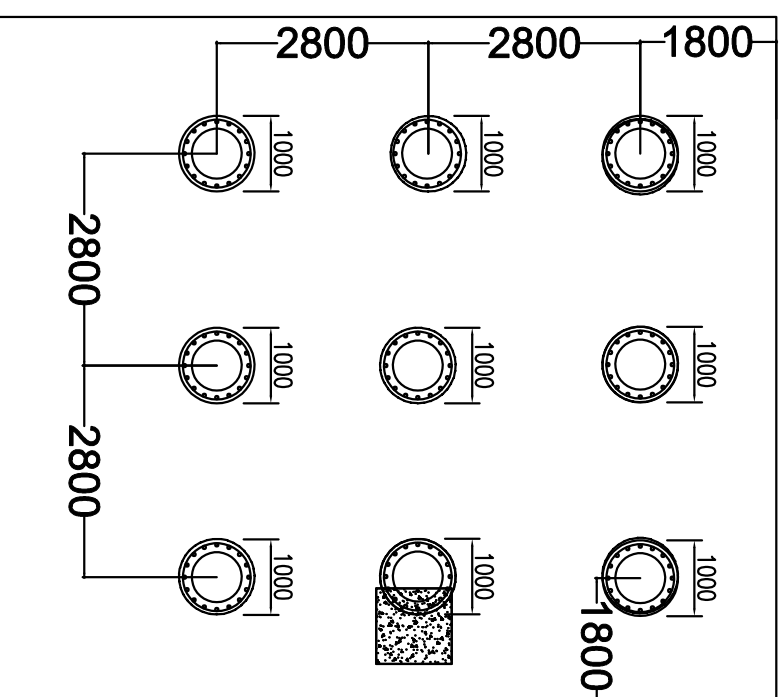
36

CATATAN



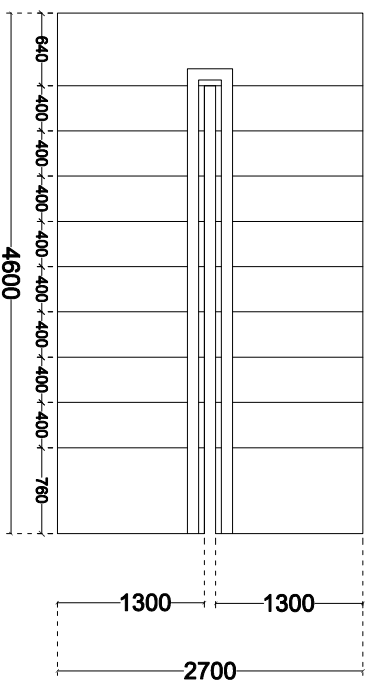
POTONGAN A-A

Skala 1 : 25

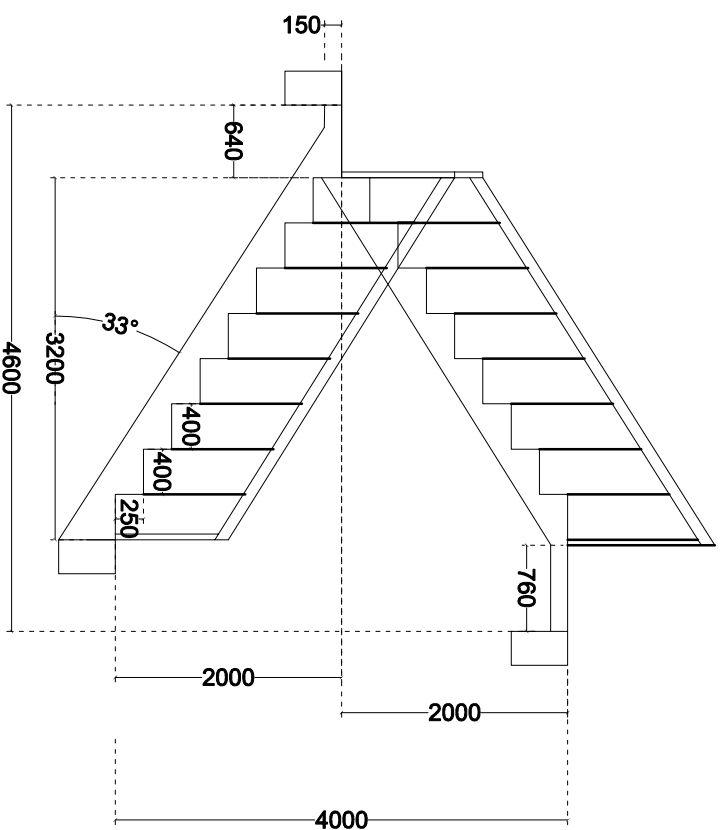


DETAIL PC2

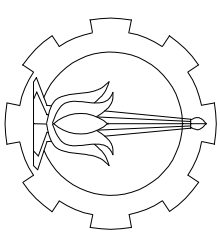
Skala 1 : 25



Denah Tangga 1



Tampak samping Tangga 1



PROGRAM LINTAS JALUR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

DESIGN MODIFIKASI STRUKTUR
GEDUNG GRAND KAMALA LAGOON
DENGAN METODE BETON
PRACETAK

DOSEN PEMBIMBING

BUDI SUSWANTO, ST , MT, PHD

MAHASISWA

MUHAMMAD AULIA TRI MUNANDAR
03111545000036

JUDUL GAMBAR

TANGGA

SKALA

1 : 150

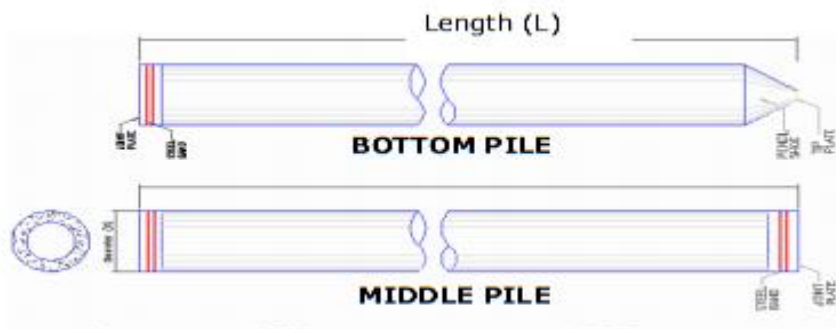
NOMOR GAMBAR

36

36

CATATAN

Shape and Dimension



Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (M)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.30	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3.50	5.25	93.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6 - 16	10.50	15.75	185.30
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6 - 16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	641	6 - 24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.00	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.60
1000	140	A1	3872	946	6 - 24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.60
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6 - 24	120.00	180.00	802.40
		A2				130.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10

1 - STRAND

1.1 - STRAND PROPERTIES 13mm (0.5")

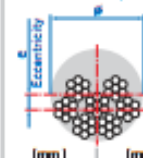
Strand type			prEN 10138 – 3 (2006) Y1860S7		ASTM A 416-06 Grade 270
Nominal diameter	d	(mm)	12.5	12.9	12.7
Nominal cross section	A _p	(mm ²)	93	100	98.7
Nominal mass	M	(kg/m)	0.726	0.781	0.775
Nominal yield strength	f _{0.1k}	(MPa)	1634 ¹⁾	1640 ¹⁾	1675 ²⁾
Nominal tensile strength	f _{pk}	(MPa)	1860	1860	1860
Specif./min. breaking load	F _{pk}	(kN)	173	186	183.7
Young's modulus	E _s	(GPa)	approx. 195		
Relaxation ³⁾ after 1000 h at 20°C and 0.7 x f _{pk}		(%)	max. 2.5		

1) Characteristic value measured at 1% permanent extension

2) Minimum load at 1% extension for low-relaxation strand

3) Value for relaxation class acc. to prEN 10138-3 for low-relaxation grade acc. to ASTM A 416-06

1.2 - TENDON PROPERTIES 13mm (0.5")

Unit	Strands numbers	Steel area		Breaking load			Corrugated steel duct ¹⁾ (recommended)		Corrugated plastic duct VSL PT-PLUS®		Steel pipes	
		A _p acc. to prEN		ASTM	Y1860S7 (prEN)		Grade 270 (ASTM)	g _h / g _h	e	g _h / g _h		e
		d=12.5 mm A _p =93 mm ²	d=12.9 mm A _p =100 mm ²	d=12.7 mm A _p =100 mm ²	d=12.5 mm A _p =93 mm ²	d=12.9 mm A _p =100 mm ²	d=12.7 mm A _p =98.7 mm ²					
		(mm ²)	(mm ²)	(mm ²)	(kN)	(kN)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)		(mm)
												
5-1	1	93	100	98.7	173	186	183.7	2025	3	2225	6	25.0 x 2.0
5-2	2	186	200	197	346	372	367	3540	8	7625	-	31.8 x 2.025/3.0
5-3	3	279	300	296	519	558	551	3540	6	7625	-	31.7 x 2.025/3.0
5-4	4	372	400	395	692	744	735	4045	7	7625	-	42.8 x 2.025/3.0
5-7	5	465	500	494	865	930	919	4560	8	5863	14	60.3 x 2.025/3.0
	6	558	600	592	1038	1116	1102	4560	6	5863	12	
5-7	7	651	700	691	1211	1302	1286	5067	7	5863	11	60.3 x 2.025/3.0
5-12	8	744	800	790	1384	1488	1470	5562	9	5863	10	70.0 x 2.025/3.0
	9	837	900	888	1557	1674	1653	5562	8	5863	9	
	10	930	1000	987	1730	1860	1837	6067	10	5863	9	
	11	1023	1100	1086	1903	2046	2021	6067	9	5863	8	
5-12	12	1116	1200	1184	2076	2232	2204	6067	8	5863	7	70.0 x 2.025/3.0
5-15	13	1209	1300	1283	2249	2418	2388	6572	9	7681	14	82.5 x 2.025/3.0
	14	1302	1400	1382	2422	2604	2572	6572	8	7681	13	
5-15	15	1395	1500	1481	2595	2790	2756	7077	9	7681	12	82.5 x 2.025/3.0
5-19	16	1488	1600	1579	2768	2976	2939	7077	9	7681	12	88.9 x 2.5/3.0/3.5
	17	1581	1700	1678	2941	3162	3123	7582	11	7681	11	
	18	1674	1800	1777	3114	3348	3307	7582	10	7681	10	
5-19	19	1767	1900	1875	3287	3534	3490	7582	9	7681	9	88.9 x 2.5/3.0/3.5
5-22	20	1860	2000	1974	3460	3720	3674	8087	10	100106	20	88.9 x 2.5/3.0/3.5
	21	1953	2100	2073	3633	3906	3858	8087	9	100106	19	
5-22	22	2046	2200	2171	3806	4092	4041	8087	8	100106	18	88.9 x 2.5/3.0/3.5
5-27	23	2139	2300	2270	3979	4278	4225	8592	12	100106	19	101.6 x 3.0/3.0/3.5
	24	2232	2400	2369	4152	4464	4409	8592	11	100106	18	
	25	2325	2500	2468	4325	4650	4593	9097	14	100106	19	
	26	2418	2600	2566	4498	4836	4776	9097	13	100106	18	
5-27	27	2511	2700	2665	4671	5022	4960	95102	15	100106	17	101.6 x 3.0/3.0/3.5
5-31	28	2604	2800	2764	4844	5208	5144	95102	14	100106	16	108.0 x 3.0/3.0/3.5
	29	2697	2900	2862	5017	5394	5327	95102	13	100106	15	
	30	2790	3000	2961	5190	5580	5511	95102	12	100106	14	
5-31	31	2883	3100	3060	5363	5766	5695	95102	11	100106	13	108.0 x 3.0/3.0/3.5
5-37	32	2976	3200	3158	5536	5952	5878	100107	13	115121	20	114.3 x 3.0/3.0/3.5
	33	3069	3300	3257	5709	6138	6062	100107	12	115121	19	
	34	3162	3400	3356	5882	6324	6246	100107	12	115121	19	
	35	3255	3500	3455	6055	6510	6430	110117	17	115121	19	
	36	3348	3600	3553	6228	6696	6613	110117	17	115121	19	
5-37	37	3441	3700	3652	6401	6882	6797	110117	16	115121	18	114.3 x 3.0/3.0/3.5
5-43	43	3999	4300	4244	7439	7998	7899	120127	18	130136	23	127.0 x 3.0/3.0/3.5
5-55	55	5115	5500	5429	9515	10230	10104	130137	17	130136	17	139.7 x 3.0/3.0/3.5

1) Not ducts possible as well

2) Not duct PT-PLUS® with rectangular slab anchorages, for PT-PLUS® see also under 3.1.3.

3) If the ducts (steel or PT-PLUS®) are used with square type castings please consider your VSL representative in plan view tendons with slab type anchorages must be straight between anchorages or have only axial/directional joints with min. radii of > 5 x strand steel always be pushed in prior to concreting. Eccentricity e: negligible

4) Given values may slightly vary depending on local availability of ducts. They are advised for most applications. For special cases (long tendons, very constraints, small radii etc.) greater size duct is recommended – please verify with VSL. In any case the filling ratio between strand / duct must not exceed 0.5 (EN 12620).

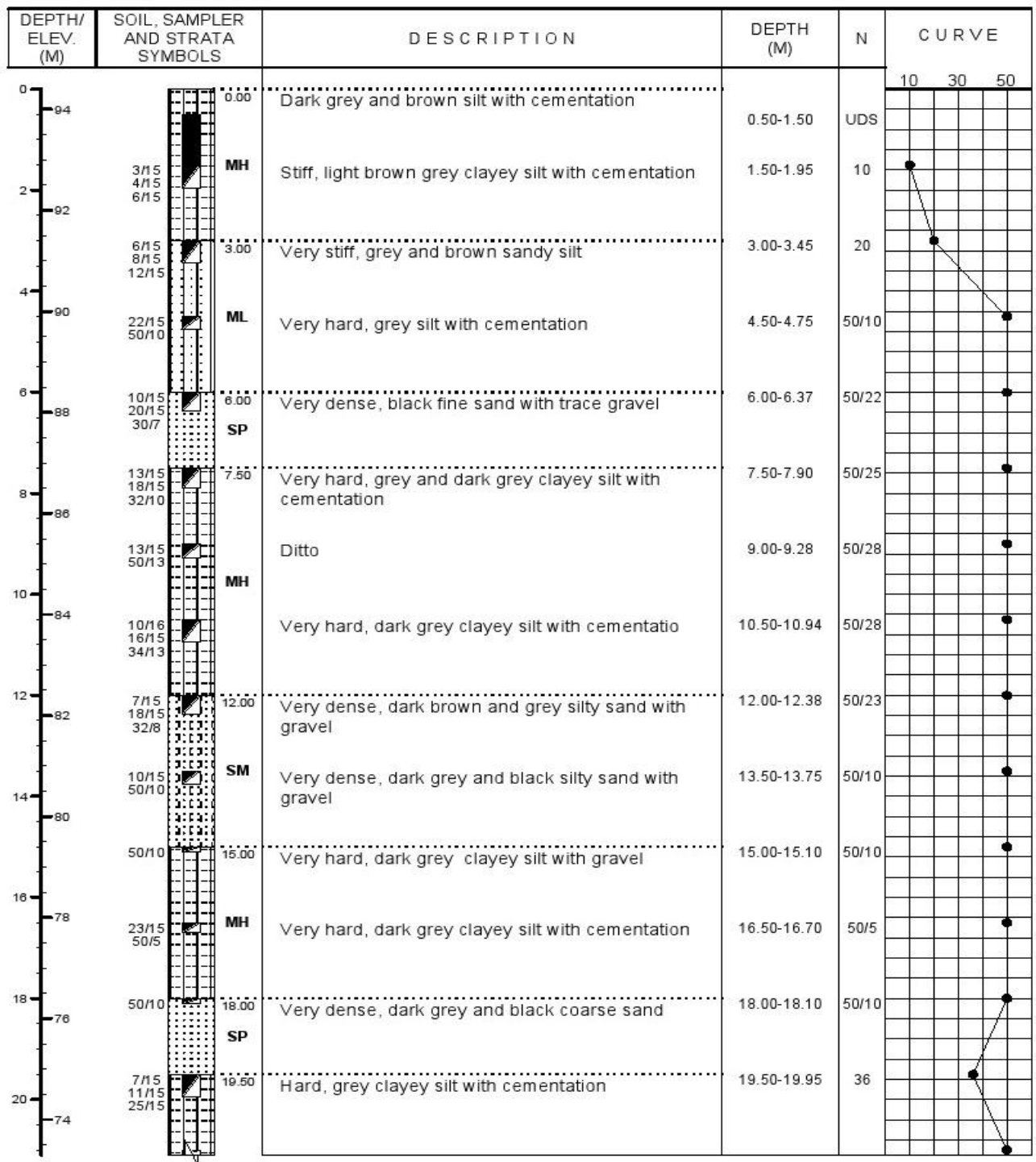
5) Please check with the nearest VSL office for the complete anchorage list.

III.B. BORING PROFILES PHASE 2

BORING PROFILE

PROJECT : GRAND KEMALA LAGOON , PHASE 2
 LOCATION : BAKASI BARAT
 BORING No. : BH - 7
 ELEVATION : 94.400
 G.W.L. : - HIGH PLATFORM FORM BOTTOM 4.35 M

COORDINATE
 N = 9308151.59
 E = 719151.79



Page 1

PENYELIDIKAN TANAH

JALAN KAWASAN PHASE 2- GKL TAHAP 2, BEKASI

No. Proyek

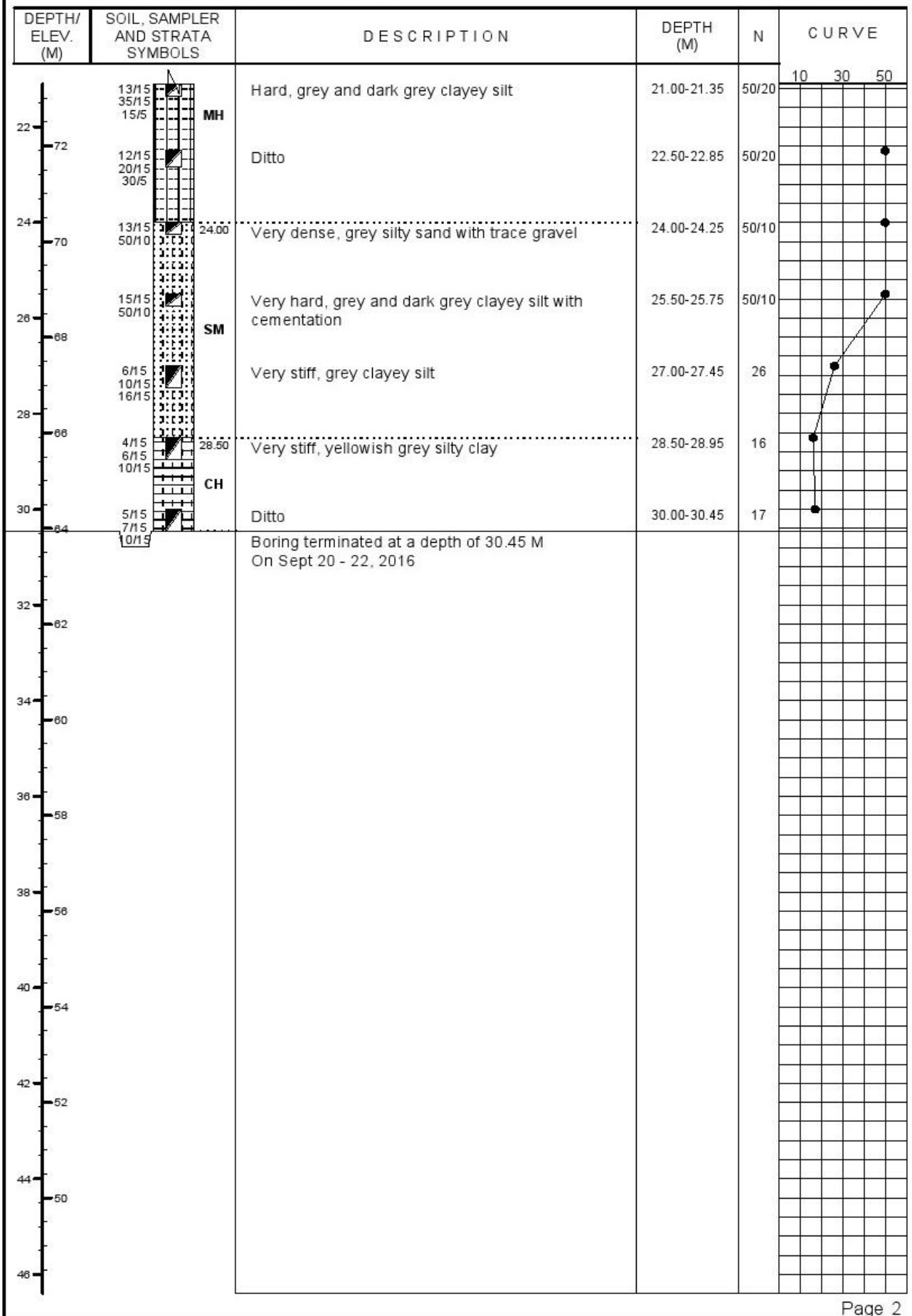
No. Dokumen

Lembar

13/67

Revisi

0



Company Profile

BOB-LIFT



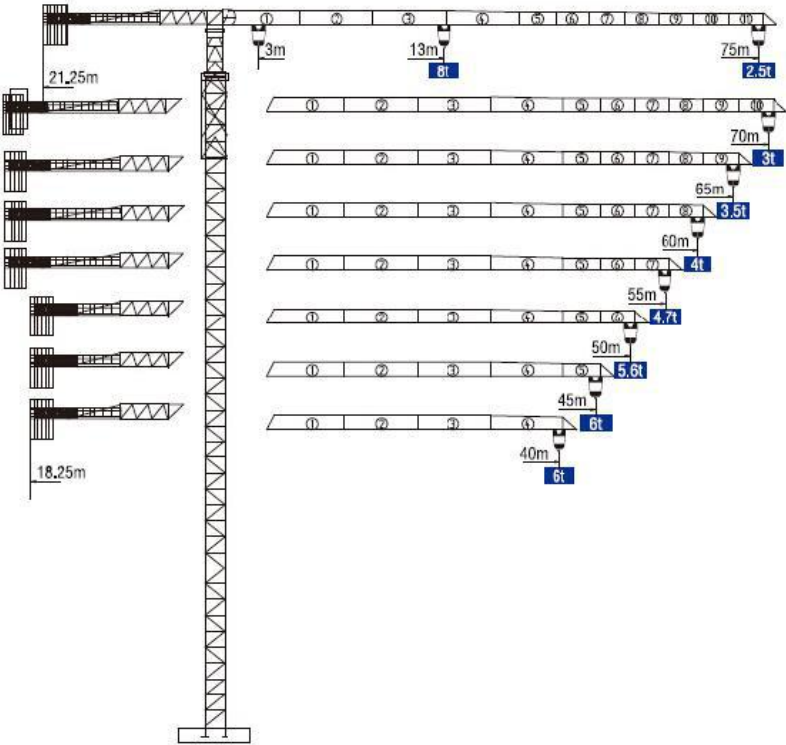
1. Professional --We have more than 10 years' experience on producing this! Also we have skilled sales ,any of your accurate inquiry will be dealt within 1 hour .
2. Price--We have our own factory,so we can control the cost & delivery time.
3. Service--From your inquiry to shipment ,we promise that you will feel " free" during this time .

Choose us is your best choice!

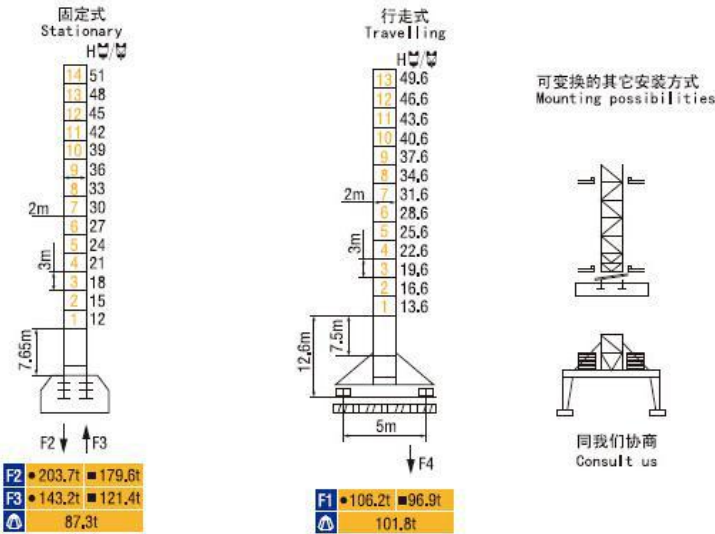
produk parameter [kualitas baik tower crane kapasitas]

起重臂 (m) Jib	R _{min}	R (C _{max})	C _{max}	幅度 (m) Range											
				10	20	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
75m	3	35	6t		6000			5440	4370	4180	3720	3340	3020	2740	2500
	3	13	12t	12000	11420	7260	6060	5170	4460	3910	3450	3070	2750	2470	2230
	3	13	18t	18000	11390	7180	5980	5020	4380	3920	3370	2990	2660	2390	2150
70m	3	39	6t		6000			5890	5140	4540	4050	3640	3300	3000	
	3	20	12t	12000		7860	6590	5620	4870	4270	3780	3370	3030	2730	
	3	14	18t	18000	12310	7780	6500	5530	4790	4190	3700	3290	2940	2660	
65m	3	41	6t			6000		5430	4810	4290	3860	3500			
	3	21	12t	12000		8320	6960	5950	5160	4540	4020	3590	3230		
	3	14	18t	18000	13210	8220	6880	5870	5080	4450	3940	3520	3150		
60m	3	42	6t			6000		5620	4970	4440	4000				
	3	22	12t	12000		8580	7470	6160	5350	4700	4170	3730			
	3	15	18t	18000	13350	8500	7390	6070	5270	4620	4090	3650			
55m	3	44	6t			6000		5860	5140	4700					
	3	23	12t	12000		9070	7600	6520	5660	4990	4430				
	3	16	18t	18000	14100	8980	7520	6430	5580	4900	4350				
50m	3	47	6t			6000		5600							
	3	26	12t	12000		9630	8100	6940	6050	5330					
	3	16	18t	18000	14920	9550	8020	6860	5970	5250					
45m	3	45	6t			6000									
	3	28	12t	12000		10470	8810	7570	6600						
	3	18	18t	18000	16170	10390	8720	7490	6520						
40m	3	40	6t			6000									
	3	26	12t	12000		10640	9290	7700							
	3	18	18t	18000	16440	10560	8890	7620							

外形尺寸 Dimensions

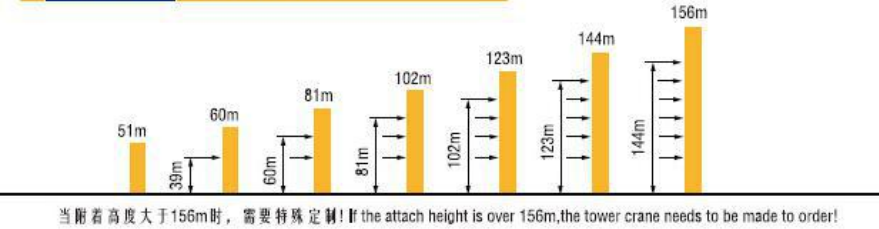


技术状态 Status



● 工作状态 In service
■ 非工作状态 Out of service
⊕ 不含平衡重最大臂长最大工作高度时的自重 Without load and ballast with longest jib and maximum height

附着 Anchorages



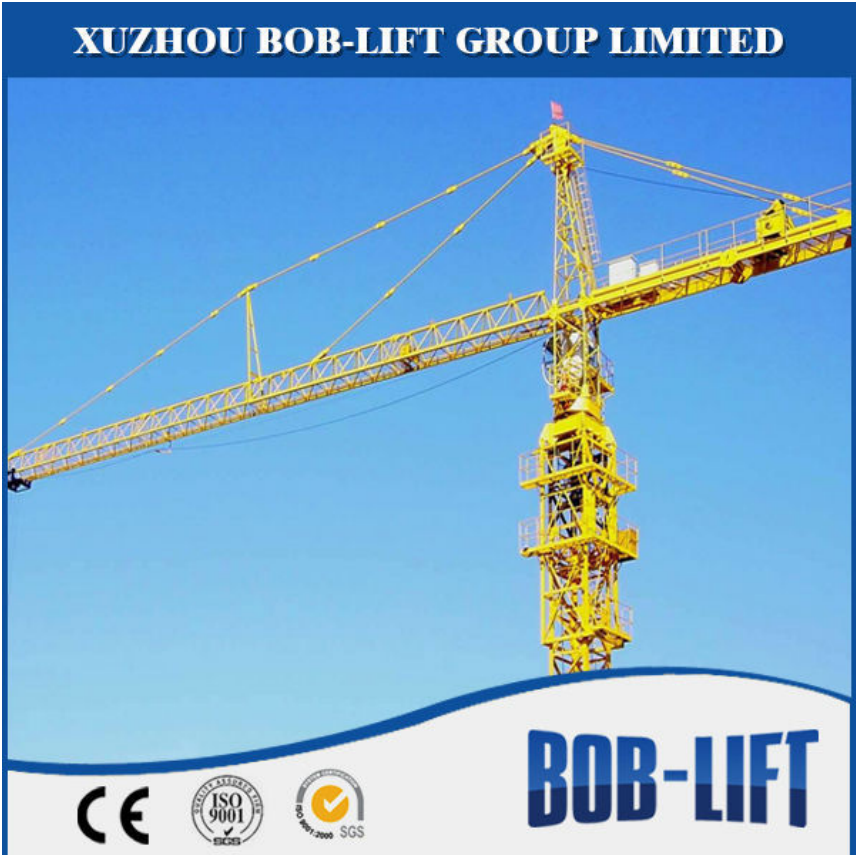
传动机构

Mechanisms

机构 Mechanisms	图例 Example	机构代号 Model	速度(m/min) Speed		起重量(t) Hoist Weight	容绳量(m) Rope Capacity	功率 Power
起升 Hoisting		55QR30A		80	3	900m >900m*	55/55kW
				40	6		
				40	6		
				20	12		
				27	9		
				14	18		
变幅 Trolleying		185JXL	0~70m/min				185N.m
回转 Slewing		RCV290	0~0.7r/min				2×145N.m
行走 Travelling		RT443	12.5/25m/min				4×1.7/3.2kW
电源 Main supply						~380V (±10%) 50Hz	
总功率 (不含顶升和行走) Gross power (excluding top-lifting and travelling)						81kW	

* 此种情况同制造商协商 Consult us

produk foto



BIODATA PENULIS



Muhammad Aulia Tri Munandar lahir di kota Malang Jawa Timur pada tanggal 13 Oktober 1994, merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Blimbing 3 Malang, dan lulus pada tahun 2006, SMPN 12

Surabaya dan lulus pada tahun 2009, SMA 71 Jakarta Timur dan lulus pada

tahun 2012. Setelah lulus dari SMA, pada tahun 2012 penulis

kemudian melanjutkan pendidikan program Diploma 3 (D3) di Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan lulus pada tahun 2015.

Penulis sempat aktif di organisasi Jamaah Masjid Manarul Ilmi dan menjadi panitia penting dalam penyelenggaraan seminar dan orientasi mahasiswa baru. Selanjutnya pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Jurusan Teknik Sipil (FTSP-ITS) Surabaya melalui program Lintas Jalur dan terdaftar dengan NRP 03111545000036.

Pada Departemen Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya, penulis adalah mahasiswa Program Sarjana (S1) dengan bidang studi Struktur dengan judul Tugas Akhir "Perencanaan Ulang Gedung Apartemen Grand Kamala Lagoon Bekasi dengan Menggunakan Beton Pracetak". Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri.

Email:

auliacivilits@gmail.com